

Využitie vodíkových technológií v oblasti energetiky

Hydrogen technologies utilization in the area of energetics

Samuel Gabaj

Bakalárska práca

Vedúci práce : Ing. Petr Moldřík Ph.D.

Ostrava, 2021

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa zaoberá analýzou súčasného stavu využitia technológií ktoré pracujú na báze vodíka. Zoznámime sa s týmto prvkom a priblížime si bližšie jeho použitie v dnešnej dobe ale aj jeho potenciál v budúcnosti, či už ako záložný zdroj, palivo, alebo v domácnosti.

V nasledujúcich kapitolách sú rozpísané rôzne využitia vodíkových technológií ktoré výrazne prispievajú rôznym odvetviam techniky. Rozdelíme si výrobu vodíka podľa farieb, popíšeme si jeho využitia ako záložný zdroj, jeho použitie v kogenerácií a výrobu alternatívnych palív kde vodík taktiež hrá rolu. Neskôr si povieme o situácií v Ostrave a možné využitia vodíka v tomto regióne. V posledných kapitolách sú popísané budúce plány v rámci Európskej únie.

Kľúčové slová

Vodík, Elektrolýza , BTS , Palivový článok , PEM , PEMFC , Záložný zdroj , Emisie, Uhlík , Dátové centrum, Mikro CHP, metán

Abstract

This bachelor thesis deals with the analysis of the current state of use technologies that work on the basis of hydrogen. We will get acquainted with this element and take a closer look at its use today, but also its potential in the future, whether as a backup source, fuel, or in the home.

The following chapters describe the various uses of hydrogen technologies that make a significant contribution to various industries. We will divide the production of hydrogen according to colors, describe its use as a backup source, its use in cogeneration and the production of alternative fuels where hydrogen also plays a role. We will also talk about the situations in Ostrava and the possible use of hydrogen in this region. The latest chapters describe further plans within European Union.

Key words

Hydrogen, Electrolysis, BTS, Fuel cell, PEM, PEMFC, Backup source, Emission, Carbon, Data centre, Micro CHP, methane

Pod'akovanie

Rád by som poďakoval za trpezlivosť, všetky odborné rady, a spoluprácu vedúcemu mojej bakalárskej práce Ing. Petrovi Moldřikovi Ph.D, ale aj rodine a priateľom, ktorý ma podporovali počas celej doby môjho štúdia.

Obsah

Abstrakt	2
PodĎakovanie	3
Zoznam skratiek.....	6
Zoznam obrázkov	7
1 Úvod	9
2 Úvod do problematiky vodíkových technológií.....	10
2.1 Druhy vodíka podľa farieb	11
2.1.1 Hnedý/čierny vodík	11
2.1.2 Sivý vodík	11
2.1.3 Modrý vodík.....	11
2.1.4 Tyrkysový, rúžový a žltý vodík	12
2.1.5 Zelený vodík.....	12
2.2 Sledovanie pokroku v oblasti čistej energie z vodíka	13
2.2.1 Zvyšovanie produkcie vodíka s nízkym obsahom uhlíka pomocou elektrolýzy	14
3 Analýza súčasného stavu využitia vodíkových technológií v oblasti energetiky	16
3.1 BTS.....	17
3.1.1 Architektúra.....	17
3.1.2 Napájanie BTS.....	17
3.1.3 Palivové články na zálohovanie telekomunikačných sietí	19
3.1.4 Prevádzka BTS v Ostrave	20
3.1.5 Prevádzka BTS s vodíkom vo svete.....	21
3.2 Záložné napájanie dátových centier.....	22
3.2.1 Záložné generátory.....	23
3.2.2 EPA (Environmental Protection Agency) Predpisy pre núdzové generátory	24
3.2.3 Vodíkové technológie ako záložný zdroj datacentier.....	25
3.3 Mikro CHP (Kombinovaná výroba elektriny a tepla)	26
3.3.1 Mikro CHP technológie.....	27
3.3.2 Mikro CHP na báze palivových článkov v rodinnom dome	29
3.4 Akumulácia elektriny dodávaná obnoviteľnými zdrojmi energie.....	31
3.4.1 Výroba vodíka pre reguláciu obnoviteľných zdrojov.....	32
3.4.2 Projekt Myrte na Korzike	33
3.5 Výroba alternatívnych palív.....	34
3.5.1 Uhlíkovo neutrálne a negatívne palivá.....	35

3.5.2	Technológia Power-to-gas (energia na plyn).....	35
3.5.3	Syntetický zemný plyn	37
3.5.4	Princípy metanácie a metanizácie	38
3.5.5	Projekt Helmeth	39
4	Posúdenie možností aplikácií vodíkových technológií v podmienkach Ostravského regiónu	41
4.1	Vodík v mestskej hromadnej doprave	41
4.2	Vodíkové mesto	42
4.3	Doplnenie BTS modulmi vodíkových palivových článkov.....	43
4.4	Aplikácia vodíkových technológií v superpočítači VŠB-TUO.....	44
4.5	Evolúcia teplárenstva v Moravsko-sliezskom kraji	47
4.6	Využitie vodíka v priemysle a logistike	47
5	Perspektívy ďalšieho vývoja vodíkovej infraštruktúry v rámci štátov nielen strednej Európy	49
5.1	Plán na vytvorenie európskej vodíkovej siete	50
5.2	Vodíkové infraštruktúry v Českej republike	50
5.2.1	Doprava	50
5.2.2	Priemysel	51
5.2.3	Veda a výskum.....	52
5.3	Vodíkové infraštruktúry na Slovensku.....	52
5.4	Vodíkové infraštruktúry v Nemecku.....	53
6	Záver	54
	Použité zdroje.....	55

Zoznam skratiek

CO ₂	oxid uhličitý
SDS	Safety data sheet (bezpečnostný list)
CCUS	Priemyselné zachytávanie a ukladanie uhlíka
H	Vodík
PEMFC	Palivový článok s polymérnou membránou
SOEC	Elektrolyzér na báze tuhých oxidov
UPS	Zdroj neprerušovaného napájania
BTS	Základňová stanica
GSM	Globálny systém mobilných komunikácií
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
DC	Jednosmerný prúd
POL	Prevodníky záťaže
HVAC	Kúrenie, ventilácia a klimatizácia
NO _x	Oxidy dusíka
HC	Uhlíkovodíky
CO	Oxidy uhoľnaté
PM	Tuhé častice
CHP	Kogenerácia
LPG	Skvapalnený ropný plyn
SOC	Palivový článok s pevnými oxidmi
SAPS	Stand alone power system (Samostatný energetický systém)
PV	Fotovoltaika
ReSOC	Technológia reverzibilných buniek s pevnými oxidmi
P2G	Power to gas
CNG	Stlačený zemný plyn
H ₂ T	Vodíkové technológie
OZE	Obnoviteľný zdroj energie

Zoznam obrázkov

Obrázok 1. Výroba rôznych druhov vodíka	13
Obrázok 2. Prevádzkové princípy elektrolyzérov	15
Obrázok 3. Štruktúra napájania BTS.....	18
Obrázok 4. Architektúra napájania metódou PEMFC	19
Obrázok 5. Lokalita staníc BTS v Ostrave	20
Obrázok 6. Úložisko vodíka v Indonézii	21
Obrázok 7. BTS v Malajzii	21
Obrázok 8. Dátové centrum Google v Oregone	22
Obrázok 9. Schéma záložného napájania dátových centier	23
Obrázok 10. Záložný generátor	24
Obrázok 11. Systém palivových článkov s výkonom 250 KW	26
Obrázok 12. IC spaľovací motor	27
Obrázok 13. Ideálny p-v a T-s diagram Stirlingovho motora	28
Obrázok 14. Mikro CHP so Stirlingovým motorom (rez)	28
Obrázok 15. Mikro CHP jednotka Vitovalor 300-P a jej komponenty	30
Obrázok 16. Schéma usporiadania systému	32
Obrázok 17. MYRTE a časti výskumného centra	34
Obrázok 18. Technológia Power to Gas	36
Obrázok 19. Splýnovač uhlia určený na výrobu syntetického plynu	38
Obrázok 20. Princípy Metanácie a Metanizácie	39
Obrázok 21. Koncept P2G s tepelne integrovanou vysokoteplotnou elektrolýzou a matanáciou oxidu uhličitého.....	39
Obrázok 22. Porovnanie bežnej P2G a novej koncepcie Helmeth	40
Obrázok 23. Vysokoteplotný párný elektrolýzny modul pod tlakom.....	40
Obrázok 24. Autobus poháňaný vodíkom	41
Obrázok 25. Prvá čerpacia stanica vodíku v Neratoviciach	42
Obrázok 26. Vodíkové mesto	42
Obrázok 27. Zóny vodíkového mesta	43
Obrázok 28. Schéma neprerušovaného napájania BTS.....	44
Obrázok 29. DUPS.....	45
Obrázok 30. INNIO J620	46
Obrázok 31. J620 ako záložný generátor.....	46
Obrázok 32. Porovnanie skladovania	48
Obrázok 33. Možnosti využitia vodíka v priemysle	51
Obrázok 34. Výroba elektriny z obnoviteľných zdrojov v roku 2040	53

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1. Typické špecifikácie elektrolyzérov	14
Tabuľka 2. Obmedzenia dodávky elektrickej energie	18
Tabuľka 3. Približný počet buniek BTS v Českej Republike.....	20
Tabuľka 4. Vitovalor 300-P - podrobná špecifikácia.....	31

Zoznam grafov

Graf 1. Predikcia výroby nízkouhlíkového vodíka.....	10
Graf 2. Plány Microsoftu k dosiahnutiu uhlíkovej neutrality	25

1 Úvod

Atóm vodíka sa skladá z jedného protónu a jedného elektrónu, čo z neho robí najľahší prvok vo vesmíre. Je tiež najhojnejším prvkom vo vesmíre a tvorí viac ako 90 % všetkej známej hmoty. Dostatok vodíka na zemi, minimálne dôsledky jeho používania na životné prostredie a potreba výmeny fosílnych palív z neho robí ideálne palivo budúcnosti. [1]

Vodík nie je zdrojom energie. Je to nosič energie ako elektrina. Na zemi sa nachádza vodík v kombinácii s inými prvkami ako napríklad vo vode, kde je kombinovaný s kyslíkom. Vo fosílnych palivách a mnohých organických zlúčeninách sa kombinuje s uhlíkom, ako je ropa, zemný plyn, uhlie alebo biomasa. Toto je technologická výzva ktorej čelia vedci. Oddeliť vodík od iných prirodzene sa vyskytujúcich zlúčenín efektívnym a ekonomickým procesom. [1]

Výroba vodíka si vyžaduje využitie jedného z primárnych zdrojov energie, ako solárnych, fosílnych palív alebo jadra. Keď je vodík vyrobený, môže reagovať s kyslíkom podobným spôsobom ako spaľovanie benzínu v motore, alebo sa môže použiť v palivovom článku na výrobu elektrickej energie. Elektrina vyrobená v palivovom článku sa potom môže použiť na napájanie rôznych zariadení ako napríklad elektrický automobil. Pri použití vodíka nevzniká žiadny oxid uhličitý a oxid uhoľnatý a to robí tento prvok atraktívnym, pretože sa neprodukujú žiadne skleníkové plyny. [1]

V tejto práci sa nachádza rozbor rôznych využití vodíka či už ako záložný zdroj, kogenerácia, alebo ako syntetické palivo. Povieme si o súčasnom stave vodíkových technológií nie len u nás ale aj vo svete, z čoho neskôr určíme jeho potenciál v Ostravskom regióne. Záverečné kapitoly tejto práce budú patriť vodíkovej infraštruktúre, rôznym projektom a plánom, s ktorými sa pravdepodobne stretneme v blízkej budúcnosti.

2 Úvod do problematiky vodíkových technológií

Vodík a energia majú dlhú spoločnú históriu. Poháňali prvé spaľovacie motory pred viac ako 200 rokmi, aby sa stali neoddeliteľnou súčasťou moderného rafinárskeho priemyslu. Vodík je ľahký, skladovateľný, energeticky výdatný a neprodukuje žiadne priame emisie znečisťujúcich látok ani skleníkových plynov. Ale aby vodík významne prispel k prechodom na čistú energiu, je potrebné ho prijať v odvetviach, kde takmer úplne absentuje, ako je doprava, budovy a výroba energie. [2]

Dodávka vodíka priemyselným používateľom je v súčasnosti významným predmetom podnikania na celom svete. Dopyt po vodíku, ktorý sa od roku 1975 zvýšil viac ako trojnásobne, stále rastie. Je takmer úplne dodávaný z fosílnych palív, pričom 6% zo zemného plynu a 2% z uhlia idú na výrobu vodíka. V dôsledku toho je výroba vodíka zodpovedná za emisie CO₂, asi 830 miliónov ton oxidu uhličitého ročne, čo zodpovedá ekvivalentným emisiám CO₂ Spojeného Kráľovstva a Indonézie. [2]

Vodíkové technológie si v roku 2019 udržali silnú dynamiku a vzbudili veľký záujem u tvorcov pravidiel. Bol to rekordný rok pre uvedenie kapacity elektrolýzy do prevádzky a bolo urobených niekoľko významných oznámení pre nasledujúce roky. Trh s elektrickými vozidlami s palivovými článkami sa takmer zdvojnásobil v dôsledku vynikajúcej expanzie v Číne, Japonsku a v Kórei. Nízkouhlíková výrobná kapacita však zostala relatívne konštantná a je stále v rozpore s SDS (Safety data sheet- bezpečnostný list). Je potrebné vyvinúť väčšie úsilie na zníženie nákladov, v súčasných aplikáciách nahradiť vodík s vysokým obsahom uhlíka za vodík s nízkym obsahom uhlíka, a rozšíriť využitie vodíka na nové aplikácie. [3]



[3]

Graf 1. Predikcia výroby nízkouhlíkového vodíka

2.1 Druhy vodíka podľa farieb

Môžeme diskutovať o tom čo je vodík, od jeho atómovej hmotnosti až po jeho konečné použitie, ale aby sme porozumeli základom, musíme rozlišovať vodík ako nosič a nie ako zdroj energie. To znamená že potrebuje na výrobu primárny zdroj energie – solárny, elektrický, vodný, jadrový alebo plynový. A to sú špecifiká výrobného procesu vrátane zdroja energie, ktorý využíva, a ktoré určujú či sa bude vodík nazývať zelený, modrý, sivý, ružový alebo žltý. [4]

2.1.1 Hnedý/čierny vodík

Ide o najstarší spôsob výroby vodíka. Je to transformácia uhlia na plyn. Procesy spaľovania premieňajú organické uhlíkaté materiály na oxid uhoľnatý, vodík a oxid uhličitý. Splynovanie sa dosahuje pri veľmi vysokých teplotách (viac ako 700°C) bez horenia, s kontrolovaným množstvom kyslíka alebo pary. Oxid uhoľnatý potom reaguje s vodou za vzniku oxidu uhličitého a väčšieho množstva vodíka. [4]

Plyn generovaný splynovaním uhlia sa nazýva syntézny plyn a vodík sa dá oddeliť od ostatných prvkov pomocou adsorbérov alebo špeciálnych membrán. Tento vodík je nazývaný hnedý alebo čierny v závislosti od typu použitého uhlia. Výsledok je veľmi znečisťujúci, pretože CO₂ a oxid uhoľnatý nemožno znova použiť a sú uvoľnené v atmosfére. Biomasa sa môže tiež transformovať na výrobu vodíka splynovaním. V závislosti od typu biomasy a použitia technológie na zachytenie a ukladanie vodíka môžu byť čisté emisie uhlíka nižšie ako hnedý alebo sivý vodík. [4]

2.1.2 Sivý vodík

V dnešnej dobe väčšina vodíka pochádza zo zemného plynu, je viazaný na uhlík a dá sa z neho oddeliť procesom zahŕňajúcim vodu ktorý sa nazýva parné reformovanie, ale prebytočný uhlík vytvára CO₂. Tento vodík nazývame sivý, pretože nie je zachytený prebytok CO₂. Sivý vodík dnes predstavuje najväčšiu časť výroby a emituje asi 9,3 kg CO₂ na 1 kg výroby vodíka. Niekedy sa vodík označuje sivý preto že bol vyrobený z fosílnych palív bez zachytávania skleníkových plynov a na rozdiel od hnedého alebo čierneho vodíka je len v menšom množstve emisií generovaných v procese. [4]

2.1.3 Modrý vodík

Vodík sa považuje za modrý vtedy, keď sa emisie generované procesom parného reformovania zachytávajú a ukladajú v podzemí pomocou priemyselného zachytávania a ukladania uhlíka (CCUS), aby sa nerozptýlil v atmosfére. Preto sa modrý vodík často považuje za uhlíkovo neutrálny zdroj energie. [4]

2.1.4 Tyrkysový, rúžový a žltý vodík

Ide o nový spôsob získavania vodíka zo zemného plynu a je v súčasnosti vo fáze experimentovania. Plyn sa môže rozkladať pri veľmi vysokých teplotách za vzniku vodíka a pevného uhlíka vďaka procesu, ktorý sa nazýva pyrolýza metánu. Tento vodík sa potom označuje ako tyrkysový alebo s nízkym obsahom uhlíka vodíka. [4]

Ak je vodík výsledkom procesu nazývaného vodná elektrolýza, ktorý pomocou elektriny rozkladá vodu na plynný vodík a kyslík, máme farby rúžovú, žltú a zelenú. V tomto prípade úplné emisie životného cyklu tejto výroby vodíka na báze elektriny závisia od spôsobu výroby elektriny. [4]

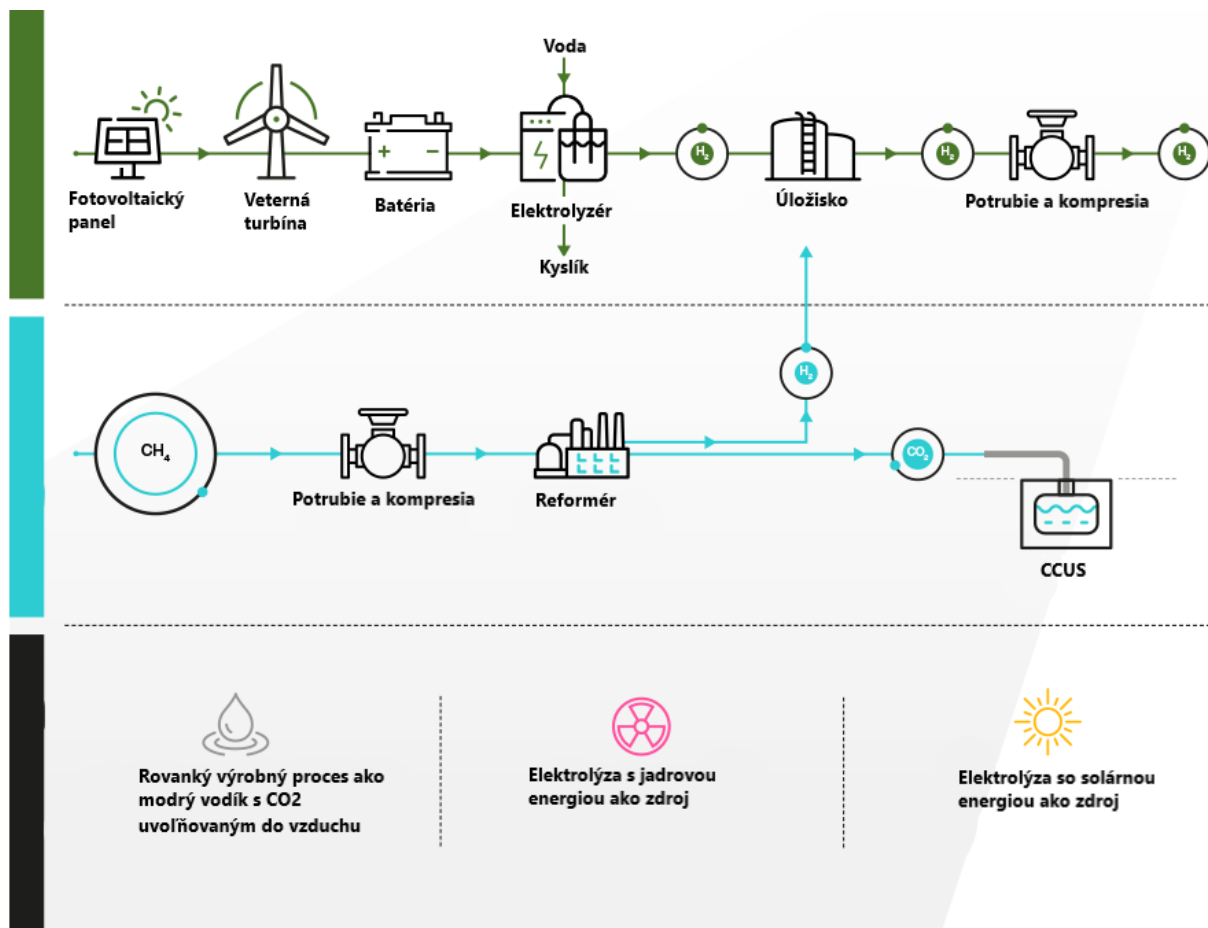
Rúžový sa nazýva vodík ktorý je získavaný elektrolýzou jadrovou energiou.

Žltá označuje vodík, ktorý je vyrobený elektrolýzou prostredníctvom solárnej energie, ale označuje sa aj v takých prípadoch, keď je elektrina na elektrolýzu použitá z rôznych zmiešaných zdrojov na základe dostupnosti, od obnoviteľných zdrojov až po fosílna palivá. [4]

2.1.5 Zelený vodík

Posledný prípad je vodík zelený. Často nesie názov aj čistý vodík, pretože je vyrobený pomocou elektriny vyrobenej z obnoviteľných zdrojov energie. V súčasnosti predstavuje asi 1 % z celkovej výroby vodíka. Európska komisia to chce zmeniť a vytvorila celú stratégiu na podporu vodíka, pričom bol zdôraznený jeho potenciál pre klimaticky neutrálnu Európu. [4]

Existuje takmer toľko druhov technológií elektrolyzéra na zelený vodík, ako je počet druhov farieb vodíka. Zelený a modrý vodík majú veľký potenciál a oba budú hrať dôležitú rolu pri prechode na energiu. [4]



Obrázok 1. Výroba rôznych druhov vodíka

[4]

2.2 Sledovanie pokroku v oblasti čistej energie z vodíka

Dopyt po čistom vodíku je okolo 70 miliónov ton ročne, hlavne po rafinácii ropy a chemickej výrobe. Takýto vodík sa v súčasnosti vyrába zo zemného plynu a uhlia. Pokrok v oblasti čistej energie možno sledovať pomocou troch hlavných ukazovateľov: [3]

- Miera, do akej nízkouhlíková výroba vodíka nahrádza konvenčný vodík v existujúcich aplikáciách.
- Dopyt v nových odvetviach (napr. dopravné a priemyselné aplikácie, vstrekovanie plynovodnej siete a uskladňovanie elektriny), kde nedostatok škodlivých emisií vznikajúcich pri jeho používaní z neho robia popredného nositeľa čistej energie.
- Zníženie nákladov a zlepšenie v efektívnosti a životnosti prierezových technológií, ako sú elektrolyzéry a palivové články

Rozvoj vodíkových postupov na výrobu vodíka s nízkym obsahom uhlíka je pre vodík rozhodujúci pre pomoc pri prechodoch do čistej energie. Väčšina vodíka sa v súčasnosti vyrába reformou zemného plynu náročnou na emisie a splyňovaním uhlia. Hlavné spôsoby výroby nízkouhlíkoveho hospodárstva sú spojenie konvenčných technológií s CCUS (Zachytávanie a ukladanie oxidu uhličitého) a generovanie vodíka elektrolyzou vody. Prepojenie konvenčných technológií s CCUS je stále hlavnou

cestou výroby nízkouhlíkového vodíka a v krátkom až strednodobom čase ním aj pravdepodobne zostane, pretože výrobné náklady sú nižšie ako v prípade iných nízkouhlíkových technológií ako je napríklad elektrolýza. [3]

2.2.1 Zvyšovanie produkcie vodíka s nízkym obsahom uhlíka pomocou elektrolýzy

Elektrolyzéry umožňujú výrobu čistého vodíka z nízkouhlíkovej elektriny a vody. Zatiaľ čo sú elektrolyzéry dobre známou a dlho používanou technológiou v rôznych priemyselných odvetviach, najrýchlejšie rastúcim trhom sú použitia, ktoré slúžia energetickým a klimatickým cieľom ako palivo do vozidiel, vstrekovanie vodíka do plynovej siete, skladovanie elektriny a syntetické palivo. Alkalické elektrolyzéry sú najvyzrelejšou technológiou elektrolýzy, dominujú na trhu najmä pri rozsiahlych projektoch. Mnoho nových projektov sa však v súčasnosti rozhoduje pre návrh pre PEM. PEM elektrolyzéry sú v skoršom štádiu vývoja ako alkalické elektrolyzéry, ale môžu pracovať pružnejšie, a preto sú kompatibilnejšie s variabilnou výrobou obnoviteľnej elektriny. [3]

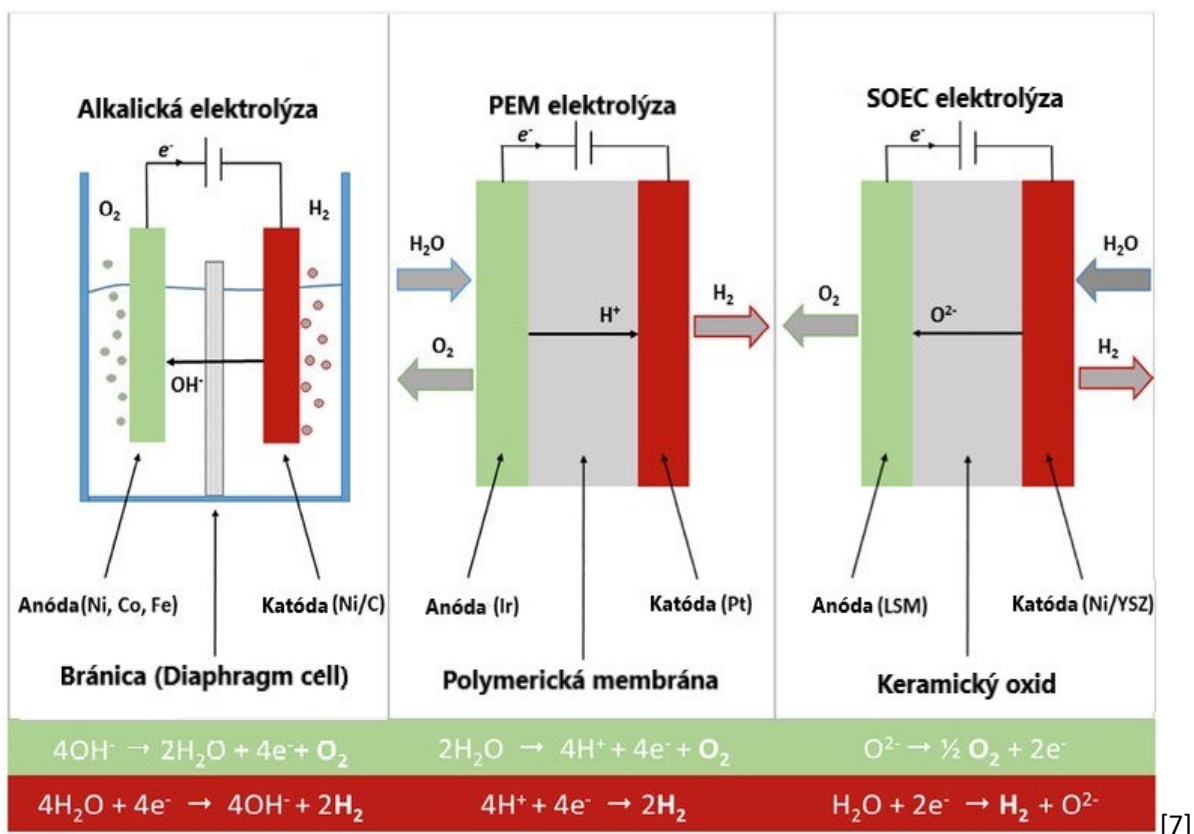
Začínajú sa taktiež ohlasovať projekty týkajúce sa vysoko účinných elektrolyzérov na báze tuhých oxidov (SOEC), v Európe takmer všetky na výrobu syntetických uhľovodíkov. Používatelia elektrolyzérov však zostávajú v otázke, či prevádzkové výhody PEM (flexibilita) a SOEC (účinnosť) stoja za dodatočné náklady v porovnaní s alkalickými elektrolyzérmi. [3]

Zatiaľ čo sa väčšina technológií elektrolýzy využíva na využitie vodíka v dopravnom priemysle, vyšší podiel nedávno ohlásených projektov zahŕňa vstrekovanie vodíka do plynovej siete alebo zníženie emisií v existujúcich vodíkových aplikáciách, ako je rafinácia a výroba amoniaku. Niektorí vývojári technológií tiež pilotne testujú aplikácie elektrolýzy vo výrobe ocele. [3]

Tabuľka 1. Typické špecifikácie elektrolyzérov

Druh elektrolyzéra	Alkalický	PEM	SOEC	
Teplota článku	60-80	50-80	900-1000	°C
Tlak článku	<30	<30	<30	bar
Prúdová hustota	0,2 - 0,4	0,6-2,0	0,3-1,0	A/cm ²
Napätie článku	1,8 - 2,4	1,8-2,2	0,95-1,3	V
Hustota výkonu	Do 1,0	Do 4,4	-	W/cm ²
Napäťová účinnosť	62-82	67-82	81-86	%
Špecifická spotreba energie v systéme	4,5-7,0	4,5-7,5	2,5-3,5	kWh/Nm ²
Rozsah čiastočného zaťaženia	20-40	0-10	-	%
Oblasť článku	<4	<300	-	m ²
Produkcia vodíka	<760	<30	-	Nm ² /h
Životnosť zásobníka	<90000	<20000	<40000	h
Životnosť systému	20-30	10-20	-	rok
Čistota vodíka	>99,8	99,999	-	%
Čas studeného štartu	15	<15	>60	min

[6]



[7]

Obrázok 2. Prevádzkové princípy elektrolýzérů

3 Analýza súčasného stavu využitia vodíkových technológií v oblasti energetiky

V dnešnej dobe, keď je našou prioritou starostlivosť o životné prostredie, sú potrebné udržateľnejšie riešenia dodávok a distribúcie energie. Vodíkové technológie sú inovatívne riešenia ponúkajúce ekologický prístup k výrobe energie. [8]

Zdrojom energie je palivový článok, kde sa energia vyrába elektrochemickou reakciou medzi vodíkom a kyslíkom. Jednotky palivových článkov môžu byť implementované do generátorov, kombinovaných systémov na výrobu tepla a energie, a do systémov neprerušiteľnej energie (UPS). Vodíkové technológie si našli využitie aj vo vozidlách, ako sú vysokozdvížne vozíky, autobusy, trajekty a tak ďalej. Ide o efektívny spôsob ako znížiť uhlíkovú stopu a zlepšiť kvalitu ovzdušia v mestách. [8]

UPS sa používa v strategických odvetviach, ako sú telekomunikácie, dátové centrá, nemocnice a na zabezpečenie nepretržitej dodávky elektriny do zariadení počas výpadkov. Systém ponúka nepopierateľné výhody, počnúc modulárnou štruktúrou, ktorá umožňuje umiestnenie v interiéri aj exteriéri v závislosti od potrieb klienta. Palivový článok je srdce systému, je na toto použitie dokonale prispôsobený, pretože univerzálnosť jeho umiestnenia je zabezpečená absenciou emisií a dlhým životným cyklom. [9]

Problematiku týchto technológií si preberieme v nasledujúcich kapitolách.

3.1 BTS

BTS (Subsystem základňových staníc) je zariadenie, ktoré uľahčuje bezdrôtovú komunikáciu medzi užívateľskými zariadeniami a sieťou. BTS je určený na prekódovanie prenosových kanálov, prideluje rádiové kanály mobilným telefónom a prenáša dáta do centra GSM.

Základňová stanica je jedna alebo viac sad vysielača a prijímača rádiových signálov. Pri použití jednej frekvencie na vysielanie a jednej frekvencie na príjem, je kapacita osem timeslotov odpovedajúca ôsmim hlasovým kanálom. Stanica slúžiaca pre systém UMTS má názov Node B.

3.1.1 Architektúra

- **Vysielač** – Poskytuje prenos a príjem signálov. Slúži tiež na odosielanie a príjem signálov do a z vyšších sieťových entít.
- **Výkonový zosilňovač** – zosilňuje signál z vysielača na prenos cez anténu.
- **Kombinátor** – Kombinuje kanály z niekoľkých vysielačov aby mohli byť odoslané cez jedinú anténu.
- **Multiplexor** – slúži na oddeľovanie odosielania a prijímania signálov do/z antény.
- **Anténa**
- **Systém rozšírenia alarmu** – Zbiera alarmy pracovného stavu rôznych jednotiek v BTS a rozširuje ich na monitorovacie stanice operácií a údržby
- **Funkcia riadenia** – Ovláda a riadi rôzne jednotky BTS, vrátane akéhokoľvek softvéru. Konfigurácie na mieste, zmeny stavu, aktualizácie softvéru a podobne sa vykonávajú prostredníctvom riadiacej funkcie.
- **Jednotka prijímača základného pásma** – frekvenčný hopping, signál DSP[10]

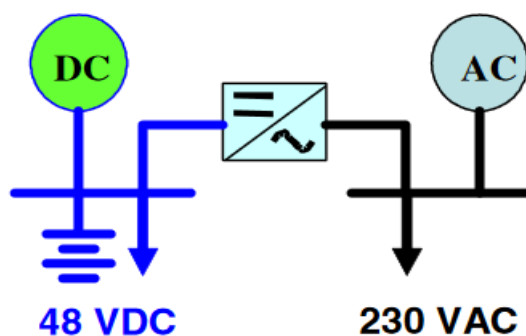
Vonkajšok BTS predurčuje na koľko sektorov je mobilná sieť rozdelená, najčastejšie od 1 po 4. Jednosektorové bunky so všesmerovou anténou sa dnes už moc nepoužívajú, pretože veľmi plytvajú frekvenčným spektrom. Na dosiahnutie najväčšej spoľahlivosti slúžia aj klimatické jednotky ktoré dodržia prevádzkovú teplotu. Tie sa nachádzajú vo vrchnej časti technologickej skrine. Výkon BTS je podobný výkonu mobilného telefónu a to v jednotkách wattov, v najnepriaznivejšom prípade rádovo 10 W.[11]

3.1.2 Napájanie BTS

BTS sú napájané pomocou elektrickej siete. BTS majú dve pripojenia a to jednosmernú (48V) a striedavú. Striedavé pripojenie je napájané zo siete a jednosmerné pomocou invertorov. Vo všeobecnosti sú na zabezpečenie BTS potrebné dve hodiny úložiska v prípade, že je sieť mimo prevádzky. Záloha energie pri indoorových BTS je pomocou batérií pretože UPS negarantujú dostatočne dlhú dobu zálohovania. [12]

Tabuľka 2. Obmedzenia dodávky elektrickej energie

Technické	Dva typy DC: Nedostupnosť 1E-5 (5 min/rok) AC: Nedostupnosť 1E.3 (9 h/rok)
Finančné	Návratnosť < 5 rokov Investícia: -čiastka investície -údržba -inštalácia -prevádzkové náklady
Kvalitatívne	Znížené emisie Znížený hluk Znížená údržba Dlhá životnosť



Obrázok 3. Štruktúra napájania BTS

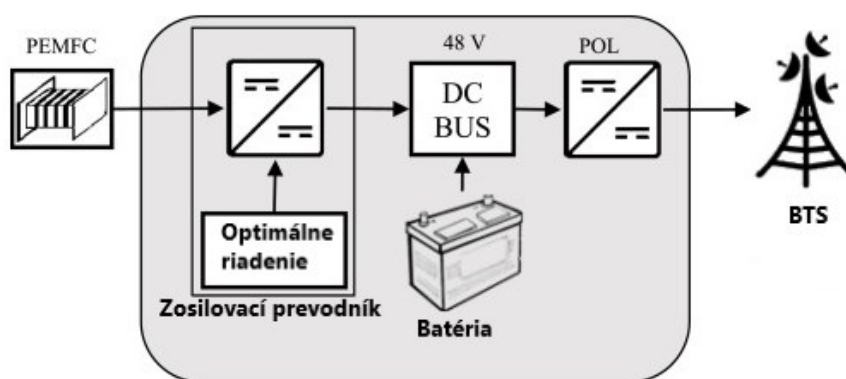
Napájanie BTS musí spĺňať technické a finančné obmedzenia, ako je uvedené v Tab.1. BTS napájanie musí byť spoľahlivé a nie drahé. Pripojenie BTS do siete je vhodné len keď je stanica blízko. Pripojenie k vedeniu z väčšej diaľky je drahšie a znižuje sa spoľahlivosť. [12]

3.1.3 Palivové články na zálohovanie telekomunikačných sietí

Jednou z aplikácií kde možno palivový článok využiť je záložne a vzdialené napájanie, najmä pre telekomunikačné základňové vysielacie a prijímacie stanice BTS. Toto napájanie sa využíva hlavne v regiónoch, kde adopcia mobilných telefónov rapídne stúpa a mobilné pripojenie sa stáva kľúčovým pre hospodárske činnosti. V Indii je každý rok nainštalovaných cez 65 000 kusov BTS, avšak tieto regióny podliehajú nedostatočne rozvinutým a nespoľahlivým sieťam, ktoré môžu ohroziť pripojenie. [13]

Populárnym typom palivového článku je PEMFC článok. Táto technológia zahŕňa cyklus a genetický algoritmus pre inteligentnú jednotku pripojenia. Má výkonový elektronický zosilňovač na úpravu výkonu a poskytuje optimálne riadenie napätia do DC zbernice v BTS. [13]

PEMFC nemajú žiadne pohyblivé časti, a vďaka tomu sú odolné voči opotrebovaniu. Taktiež pracujú pri nižších teplotách, čo znamená menšie namáhanie ich častí a pomalšie časy zahrievania. [13]



Obrázok 4. Architektúra napájania metódou PEMFC

Optimálne napájanie používané distribučným systémom BTS je 48 V na základe jeho vysokého napätia a bezpečnosti. POL (prevodníky záťaže), sú využívané na generovanie energie elektronického zariadenia DC zbernice. [13]

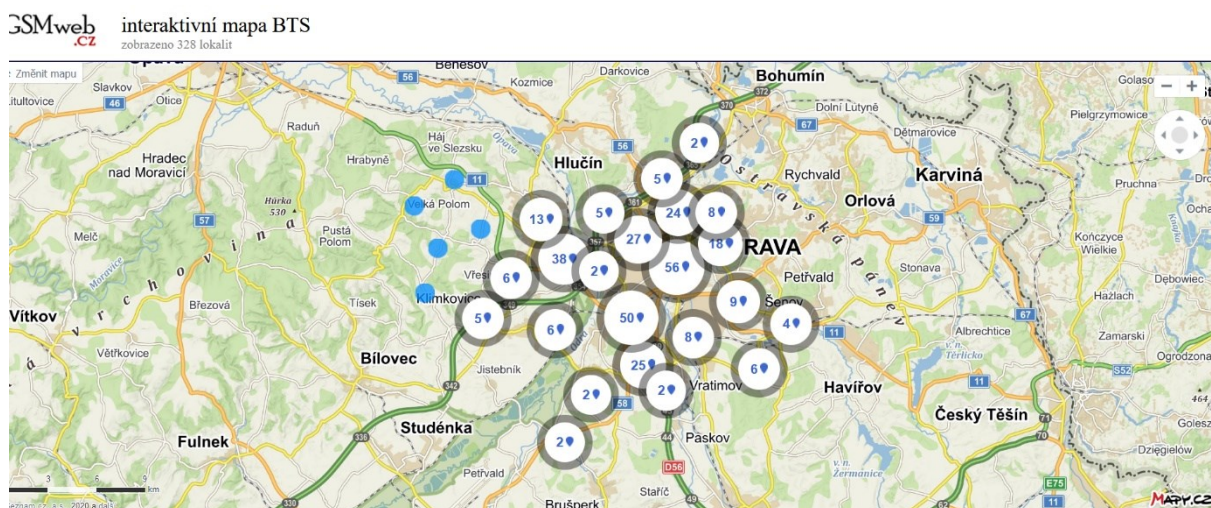
Zosilňovací prevodník je zariadenie, ktoré zosilňuje úroveň vstupného napätia na výstup a zároveň minimalizuje prúd. Je vyrobený z dvoch polovodičov, jednej diódy a jedného tranzistora. Kondenzátorové filtre sú pripojené k vstupom a výstupom spínacích prevodníkov na zníženie zvlnenia napätia. [13]

3.1.4 Prevádzka BTS v Ostrave

V rámci Ostravy je veľký počet BTS staníc od rôznych mobilných operátorov, FM rádií, rozhlasu a GSM-R . Stránka GSMweb.cz je založená ľuďmi ktorý tieto BTS stanice vyhľadávajú po celej Českej Republike a zasielajú aktualizácie o ich pozíciách a typoch. [14]

Tabuľka 3. Približný počet buniek BTS v Českej Republike

02 GSM	18900
T-MOBILE GSM	17760
VODAFONE GSM	14300
NORDIC TELECOM LTE	3400
O2 UMTS	16150
T-MOBILE UMTS	12000
VODAFONE UMTS	6750
O2 LTE	24350
T-MOBILE LTE	26
VODAFONE LTE	18
PODA LTE	14
O2 CDMA	1250
VKV ROZHLAS	950
DIGITÁLNA TELEVIZIA	365
GSM-R PRE ŽELEZNIČNU DOPRAVU	460
DIGITÁLNY ROZHLAS	60



Obrázok 5. Lokalita staníc BTS v Ostrave

[14]

3.1.5 Prevádzka BTS s vodíkom vo svete

V lokalitách, kde je vodík vedľajším produktom priemyselných procesov alebo priemyslu fosílnych palív, je možné si vodík lacno zaobstarať. Preprava a manipulácia s vodíkom je však nákladná z dôvodu nízkej objemovej energie. Fľaše sa zvyčajne prepravujú plné a potom sa vracajú do distribučného centra na opätovné naplnenie. Existujú modely a technológie distribúcie vodíka, ktoré umožňujú dlhodobejšie zálohovanie alebo použitie ako hlavný zdroj energie. Jedným z nich je model hromadného zásobovania prijatý spoločnosťou ReliOn v USA, kde sa fľaše na danom mieste plnia skôr, než aby sa prepravovali. [15]



Obrázok 6. Úložisko vodíka v Indonézii

Na vyriešenie niektorých problémov pri získavaní a preprave fľaškového vodíka sa môžu použiť iné palivá nesúce vodík ako metanol, LPG, zemný plyn a amoniak. Niektoré alternatívne palivá sa navyše bežne používajú na iné účely, napríklad kúrenie, varenie alebo ako hnojivo, a preto majú už existujúce dodávateľské reťazce. Nevýhodou v porovnaní s priamym vodíkom môžu byť zložitejšie systémy a dlhší čas nábehu spojený s palivami obsahujúcimi vodík. [15]



Obrázok 7. BTS v Malajzii

Digi telco je tretí najväčší mobilný operátor v Malajzii a vyrába na mieste vodík zo solárnej energie namiesto toho, aby sa pri vzdialených BTS spoliehal na naftové generátory. Odpadá tu komplikovaná a nákladná palivová logistika a je nahradená čistým a obnoviteľným zdrojom energie pre nepretržité napájanie. [16]

3.2 Záložné napájanie dátových centier

Dátové centrum je označenie pre priestor, kde je umiestnená počítačová technika serverového typu ktorá musí byť v nepretržitej prevádzke. Je to miesto, ktoré má serverom a ďalším technologickým zariadeniam zaistiť bezproblémovú a stabilnú prevádzku bez vplyvu z okolia. Z hľadiska významu a použitia týchto centier je nutné ich rozdeliť na malé, stredné a veľké. Malé a stredné patria pod jednotlivé inštitúcie a firmy ktoré ich majú umiestnené vo vlastných priestoroch alebo v prenajatých priestoroch. Veľké dátové centrá patria pod veľké telekomunikačné a technologické firmy. [17]



Obrázok 8. Dátové centrum Google v Oregone

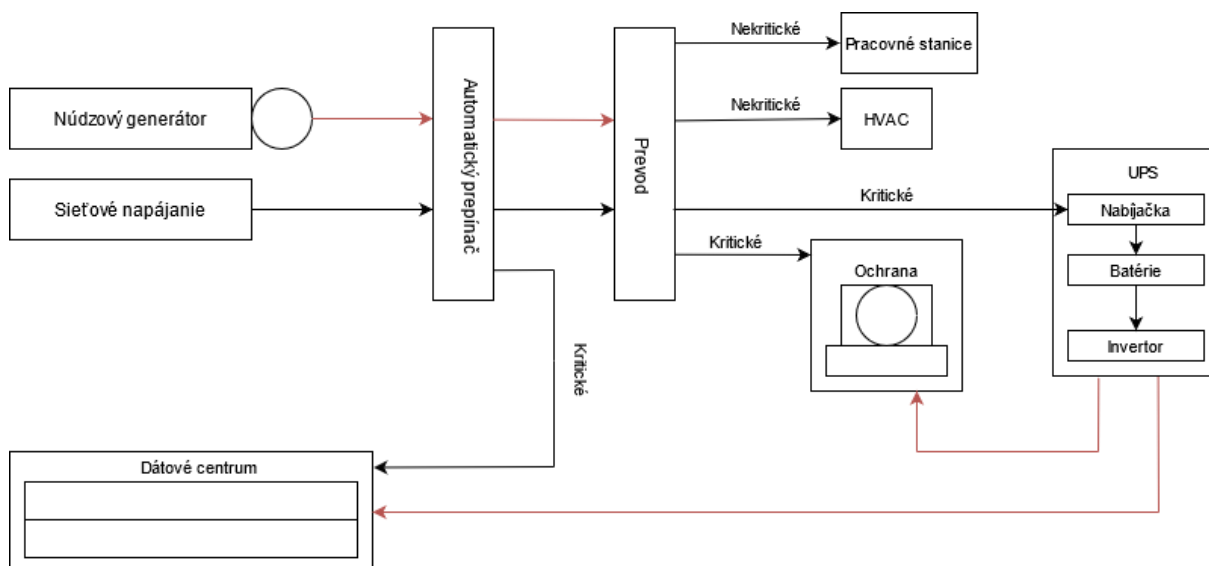
Spotreba energie je jeden z najväčších problémov dátových centier. Príkon sa pohybuje od niekoľkých kW pre jednu skriňu serverov až po niekoľko desiatok MW pre veľké zariadenia. Niektoré z týchto zariadení majú hustotu energie viac ako 100krát vyššiu ako typická kancelárska budova. Náklady na elektrickú energiu pre tieto zariadenia tvoria viac ako 10 celkových nákladov na vlastníctvo dátového centra. [17]

Záložné zdroje dátových centier pozostávajú z jedného alebo viacerých zdrojov neprerušiteľného napájania, batériových zdrojov alebo naftových generátorov. Aby sa zabránilo rôznym zlyhaním, tak sú všetky prvky elektrických systémov vrátane záložných systémov zvyčajne úplne duplikované a kritické servery sú pripojené k napájacím zdrojom A-strana a B-strana. Niekedy sú tu použité statické prenosové spínače ktoré slúžia k tomu aby okamžite prepli z jedného napájania na druhé v prípade výpadku.[17]

Značné množstvo výpadkov datacentier je spôsobené kvôli výpadkom napájania, takže poruchou na systéme UPS (záložný zdroj napájania) alebo prekročením ich kapacity. Niektoré z datacentier nesplňujú požiadavky TIER III, ktorý vyžaduje mať 2 nezávislé napájacie vetvy. Veľa prevádzkovateľov si neuvedomuje že na spoľahlivosti UPS stojí spoľahlivosť celého datacentra. Ak už obsahujú 2 nezávislé UPS, mnohokrát sú vyťažené na viac ako 50%, z čoho vyplýva že keď dôjde k poruche jednej UPS tak u druhej dôjde k preťaženiu. Častou chybou býva jednobatériový string na UPS. Batérie sú v stringu zapojené do série a v prípade že v jednej z nich dôjde k poruche (napríklad vysoký vnútorný odpor) tak funkcia UPS sa poškodí. Na všetko sa často príde až keď dôjde ku skutočnému výpadku energie zo siete ale tu už na takéto chyby nie je čas. Batérie časom odchádzajú takže každá UPS by mala obsahovať viac ako 1 string. Preto v dátovom centre by sa nemalo nachádzať žiadne jednozdrojové zariadenie. Tieto zariadenia ako som spomínal treba vybaviť statickým spínačom.[18]

3.2.1 Záložné generátory

Funkciou týchto generátorov je dodávať energiu pri prerušení hlavného napájania. Komponenty dátového centra neznášajú špičky napájania pri prepnutí z normálneho na núdzové napájanie. Keď komponenty stratia výkon, hoci len na zlomok sekundy, je potrebný úplný reštart. Tento reštart môže zapríčiniť výpadky systému, problémy so spustením alebo stratu informácií počas procesu. [19]



Obrázok 9. Schéma záložného napájania dátových centier

Je dôležité vedieť o komponentoch ktoré sa nachádzajú v systéme distribúcie energie dátového centra. Medzi hlavné komponenty patria:

- **Núdzový generátor** – dodáva energiu, keď nie je k dispozícii sieťová energia
- **Sieťové napájanie** – Hlavný zdroj energie pre zariadenie
- **Automatický prepínač** – smeruje energiu zo siete alebo z generátora do prevodu
- **Prevod** – smeruje energiu po celom obvode
- **Nepretržité napájanie** – pozostáva z banky batérii, nabíjačky a invertora

[19]

Všetky datacentrá pracujú v jednom z dvoch režimov

- **Normálna prevádzka** – sieťová energia je vedená cez prepínač automatického prenosu a do rozvádzača. Rozvádzač je nakonfigurovaný na kritické a nekritické napájanie. Kritické dodávky sú komponenty ako dátové centrá, centrá zabezpečenia a UPS. Tieto komponenty nemôžu mať prerušené napájanie. Nabíjačka UPS je napájaná tak, aby udržiavala nabité batérie. Nekritické komponenty, ako HVAC (kúrenie, ventilácia a klimatizácia) a pracovné stanice, nemajú redundantné pripojenie k invertoru UPS. [19]

- **Núdzová prevádzka** – Keď nastane výpadok sieťového napájania, tak nastane proces týchto udalostí:
 1. UPS začne dodávať energiu zabezpečeniu a dátovému centru
 2. Spustí sa núdzový generátor a automatický prepínač prepne na núdzové napájanie
 3. Prevod začne smerovať energiu na kritickú a nekritickú záťaž
 4. UPS prenosy čo smerujú do prevádzky, dátového centra a bezpečnosti sú napájané núdzovým generátorom
 5. Keď sa obnoví normálne napájanie, tak prepínač prepne na tento zdroj a začnú sa napájať kritické a nekritické záťaže

Dátové centrum a bezpečnosť nezaznamenajú prerušenie napájania a naďalej fungujú normálne. Komponenty ako HVAC a pracovné stanice bude treba pravdepodobne resetovať aby mohli naďalej normálne fungovať. [19]

3.2.2 EPA (Environmental Protection Agency) Predpisy pre núdzové generátory

Výfukové plyny naftového motora obsahujú vedľajšie produkty spaľovania. Z hľadiska životného prostredia sa monitorujú nižšie uvedené emisie:

- **Oxidy dusíka (NOx)** – prirodzene sa vyskytuje pri rozpade, blesku, pri lesnom požiari a pri spaľovaní fosílnych palív. Je to bezfarebný netoxický plyn
- **Uhlíkovodíky (HC)** - sú to organické chemické zlúčeniny, ktoré sa skladajú hlavne z uhlíka a vodíka.
- **Oxidy uhoľnaté (CO)** – je to bezfarebný jedovatý plyn bez zápachu ktorý vzniká pri spaľovaní fosílnych palív
- **Tuhé častice (PM)** – je to súčet všetkých pevných a kvapalných častíc suspendovaných vo vzduchu

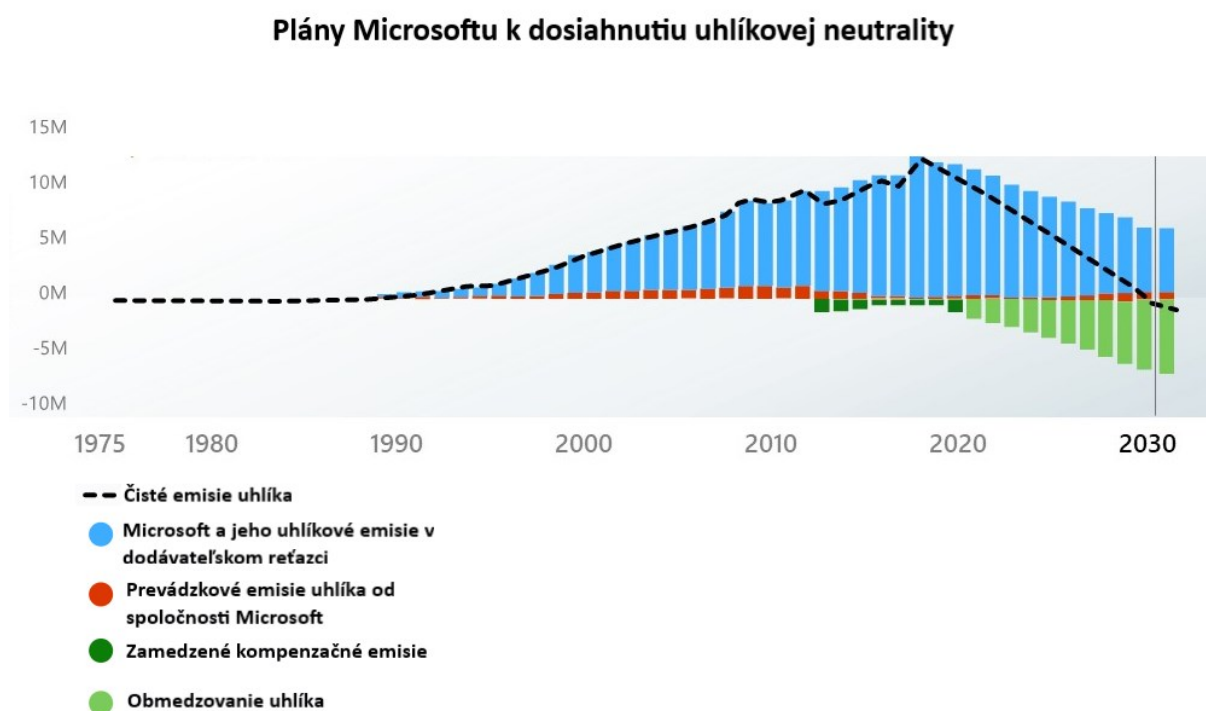


Obrázok 10. Záložný generátor

3.2.3 Vodíkové technológie ako záložný zdroj datacentier

Spoločnosť Microsoft oznámila, že záložné vodíkové palivové články budú v budúcnosti schopné poháňať dátové centrá po dobu 48 hodín. Tieto záložné zdroje chce spoločnosť implementovať do svojich centier do roku 2030. Týmto chcú dosiahnuť byť nezávislými na naftu a taktiež znížiť emisie. Takže vodíkové články majú byť úplnou náhradou za naftové generátory. Ide o ekonomicky výbornú alternatívu naftových generátorov, pretože v posledných rokoch sa ich náklady znížili. [20]

Dátové centrum Azure bude využívať vodíkové články ako náhradný zdroj. Navyše môže byť pripojené na rozvodnú sieť a bude schopné poskytovať podporné služby. Elektrolyzátor sa môže uviesť do prevádzky, v období keď sa nadmerne vytvára elektrická energia pomocou vetra alebo slnka. Následne sa obnoviteľná energia uloží ako vodík. Naopak keď je obdobie v ktorom je veľký dopyt, môžu palivové články dodávať elektrickú energiu do siete. [20]



Graf 2. Plány Microsoftu k dosiahnutiu uhlíkovej neutrality

[20]

Palivový článok má reakčnú dobu podobnú ako naftový generátor. Na plné zaťaženie môže nabehnúť za niekoľko sekúnd. Navyše vozidlá poháňané vodíkom sa môžu zastaviť v dátových centrách doplniť nádrž.

Myšlienka na použitie vodíkových palivových článkov ako záložnú energiu vznikla na jar roku 2018. Vedci z národného laboratória pre obnoviteľnú energiu, v meste Golden v Colorade, napájali stojan na počítače s membránou na výmenu protónov alebo s PEM palivovým článkom.



Obrázok 11. Systém palivových článkov s výkonom 250 kW

Tento systém je dostatočný na napájanie celého radu serverov v dátovom centre, radovo 10 v stojane.

Ďalším krokom Microsoftu je zaobstaranie a testovanie 3 MW systému palivových článkov, ktorý bude na rovnakej úrovni ako veľkosť záložných generátorov poháňaných naftou v Azure dátových centrách. Mark Monroe povedal že ide o najväčší počítačový záložný systém ktorý je poháňaný vodíkom a má za sebou najdlhší nepretržitý test.[21]

3.3 Mikro CHP (Kombinovaná výroba elektriny a tepla)

Mikro kombinovaná výroba tepla a elektriny (Mikro CHP) je technológia, ktorá vyrába teplo a elektrinu súčasne z rovnakého zdroja energie v jednotlivých domoch alebo budovách. Hlavným výstupom systému s nízkou spotrebou energie je teplo, s určitou výrobou elektrickej energie, v typickom pomere asi 6:1 pre domáce spotrebiče. [22]

Typický domáci systém po zahriatí vygeneruje až 1 kW elektrickej energie. Množstvo vyrobenej elektriny za rok závisí od toho, ako dlho je systém schopný prevádzky. [22]

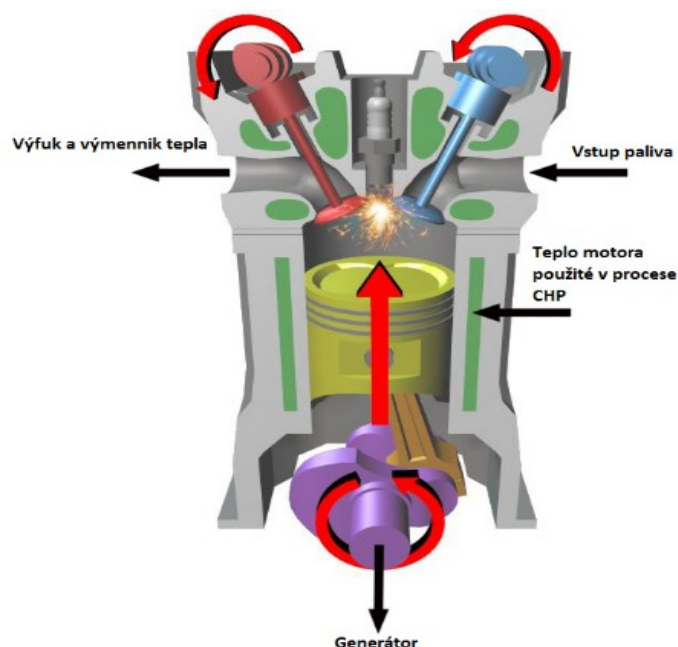
Domáce Mikro CHP systémy sú zvyčajne poháňané hlavným plynom alebo skvapalneným ropným plynom LPG. Niektoré modely sú však teraz poháňané olejom alebo biokvapalinami vrátane bionafty. Aj keď plyn a LPG sú skôr fosílnymi palivami ako obnoviteľnými zdrojmi energie, táto technológia sa považuje za nízkouhlíkovú technológiu, pretože môže byť efektívnejšia ako iba spaľovanie fosílného paliva na teplo a získavanie energie zo siete. [22]

Mikro CHP systémy majú podobnú veľkosť a tvar ako štandardný domáci bojler. Môžu byť pripevnené na stenu alebo môžu stáť na podlahe. Hlavný rozdiel medzi Mikro CHP a štandardným bojlerom je v tom, že Mikro CHP môže vyrábať elektrinu pri ohreve vody. Bojler toto nedokáže.[22]

3.3.1 Mikro CHP technológie

Existujú tri hlavné technológie, pričom rozdiel medzi nimi spočíva v spôsobe výroby elektrickej energie:

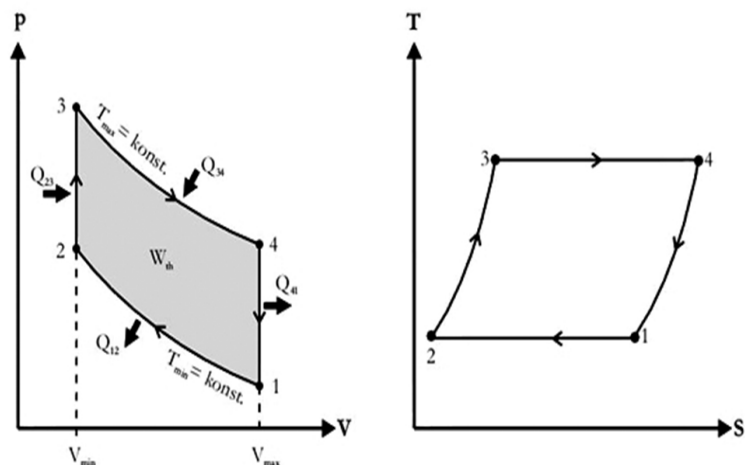
- **Motor s vnútorným spaľovaním CHP** – Toto je najosvedčenejšia technológia. Tieto motory sú podobné motorom vozidiel, ktoré sú upravené k prevádzke na zemný plyn alebo na vznetový motor. Primárne používajú na zabezpečenie hnacej sily zážihové motory. Ponúkajú stredný výkon s účinnosťou 20-40 %. Vyrobené teplo je zvyčajne horúca voda, skôr ako para, a všeobecne produkujú 1 až 2 jednotky tepla pre každú jednotku elektriny, pričom pomer tepla a energie sa všeobecne znižuje s veľkosťou. Tieto systémy CHP sú najvhodnejšie pre menšie prevádzky, kde je znížená potreba elektriny a vysoké požiadavky na teplo a teplú vodu.



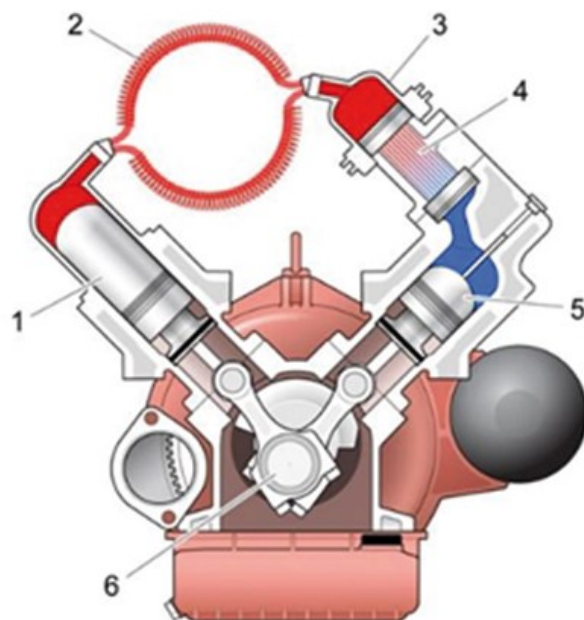
Obrázok 12. IC spaľovací motor

[23]

- **Stirlingov motor** – v kogenerácii sa tento motor používa najmä pre jeho vysokú účinnosť (aj pri menšom výkone), použitie viacerých druhov palív (plynné, kvapalné aj tuhé) ktoré môžu byť aj nižšej kvality. Tieto paliva môžeme zameniť aj počas chodu motora. Taktiež produkuje nízke emisie z dôvodu kontinuálneho spaľovania a má nízku hladinu hluku a vibrácií (vyššia hladina je iba pri vypínaní motora). Ideálny cyklus motora sa skladá zo štyroch termodynamických vratných dejov, dve izochorické zmeny (pri konštantnom objeme) a dve izotermické zmeny (pri konštantnej teplote). [24]



Obrázok 13. Ideálny p-v a T-s diagram Stirlingovho motora



Obrázok 14. Mikro CHP so Stirlingovým motorom (rez)

1 – expanzný piest , 2 – výmenník tepla na ohrev pracovného plynu, 3 – regenerátor,
4 – chladič pracovného plynu, 5 – kompresný piest, 6 – kľukový hriadeľ

[24]

- **Mikro CHP na báze palivových článkov** – ide o pomerne novú technológiu ktorá v budúcnosti môže nahradiť plynové kotly. Zariadenia s kapacitou do 5 kW sa používajú v obytných budovách a menších budovách ako nemocnice, školy a podobne. Mikro CHP majú celkovú účinnosť premeny energie okolo 90%. Jednotky s PEM článkami majú elektrickú účinnosť približne 32 % a tepelná účinnosť dosahuje 57 %. Jednotky ktoré používajú SOC palivové články majú približne elektrickú účinnosť 37 % a tepelnú účinnosť 46 %. [22]
Palivové články PEM sú viac používané kvôli svojim dobrým dynamickým vlastnostiam, avšak majú nižšiu elektrickú účinnosť. Elektrický prúd je jednosmerný, takže zariadenie musí

obsahovať inverter na striedavý prúd. Taktiež sa tu nachádzajú tepelné výmenníky, recirkulácia plynu a zásobníky na teplú vodu. V kogeneračnej jednotke sa musí nachádzať tzv. reformér, v ktorom dôjde ku dehydrogenácii uhľovodíka zo zemného plynu na vodík. Túto metódu začalo používať Japonsko po zemetrasení v roku 2011 pretože dochádzalo k častým výpadkom elektriny. [22]

Do konca roku 2012 sa v Japonsku vybudovalo takmer 25000 týchto jednotiek. Do konca roku 2014 sa vybudovalo takmer 138 000 Mikro CHP jednotiek z ktorých 85% pracovali na technológií PEM a zvyšok na SOC. V roku 2019 bolo postavených takmer 300 000 kusov, ktoré môžu byť napájané zemným plynom, vodíkom, LPG alebo petrolejom. Teplota vody dosahuje 60°C. [22]

Dnes už vo svete je mnoho aplikácií veľkokapacitných palivových článkov nad 200 kW, či už ako zdroj elektriny alebo ako kogeneračná jednotka. Väčšina sa nachádza v Južnej Kórei a USA. Štáty v Ázii ich používajú na kogeneračnú výrobu zatiaľ čo spojené štáty skôr na záložné zdroje. U nás v Európe sa nachádza veľmi málo veľkokapacitných palivových článkov pravdepodobne z dôvodu že sa tu nachádza viac spoľahlivá elektrická sieť s minimom výpadkov.

V oblasti veľkokapacitných palivových článkov sú tri vysokoteplotné technológie:

- **Palivové články s pevnými oxidmi (SOC)**
- **Palivové články s taveninou uhličitanov**
- **Palivové články s kyselinou fosforečnou**

Sú napájané zemným plynom alebo bioplynom, často z čistiarní odpadových vôd. [25]

3.3.2 Mikro CHP na báze palivových článkov v rodinnom dome

Mikrokogeneračná jednotka v rodinnom dome je výborná alternatíva, pretože vďaka tomuto spôsobu môže domácnosť výrazne znížiť celkové náklady na energie a aj množstvo emisií. Ako príklad môžeme použiť jednotku Vitovalor ktorá funguje na báze palivových článkov. Vznikla zo spolupráce značky Panasonic a spoločnosti Viessman. Táto jednotka predstavuje výhodné riešenie hlavne pre novostavby s vyššími nárokmi. [26]

Jednotka so svojím tepelným výkonom 20 kW pokryje všetky tepelné potreby rodinného domu. Za deň môže maximálne vyprodukovať 15 kWh energie, čo je dostatočné na pokrytie základných potrieb domácnosti. Pre prípady v ktorých sa zvýšia nároky na energiu, slúži ako súčasť jednotky plynový kondenzačný kotol. Ten sa automaticky zapne keď teplo z palivových článkov nie je dostatočné (napr. keď je potreba veľkého množstva teplej vody v krátkom čase). [26]

Palivový článok v tejto jednotke potrebuje k prevádzke vodík a vzduch, ktorý sa získa zo zemného plynu. Preto zariadenie potrebuje prípojku na plyn, spalínové potrubie a prívod spaľovacieho vzduchu. V jednotke sa nachádza reformér, zariadenie ktoré získa vodík zo zemného plynu. Reakciou kyslíka a palivového vodíka vznikne jednosmerný prúd, ktorý je potreba v meniči transformovať na striedavý prúd. Z tejto reakcie vzniká voda a odpadové teplo. [26]



Obrázok 15. Mikro CHP jednotka Vitocalor 300-P a jej komponenty

Výhoda kogenerácie v rodinnom dome je v tom, že pri výrobe elektriny vzniká teplo, ktoré domácnosť ďalej využije na kúrenie a ohrev vody. Ako som spomínal pri tejto technológii dochádza k výraznému zníženiu emisií, približne až o 50 % menej emisií CO₂ ako pri konvenčnej výrobe elektriny a tepla. Ovládanie jednotky je veľmi komfortné, pretože ju máte stále pod kontrolou pomocou aplikácie v smartfóne. Chod jednotky je veľmi tichý pretože palivový článok neobsahuje žiadne pohybujúce súčiastky. Palivové články v jednotke vyžadujú údržbu raz za 2 roky. Hlučnosť môže dosiahnuť maximálne 49 dB. K výhodám patria aj kompaktné rozmery, pri tejto jednotke 0,65 m². Kogenerácia na báze palivových článkov sa stáva čoraz významnejšia. Spoločnosť Viessman predpokladá že pri výrobe centrálnej elektriny bude táto metóda hrať významnú rolu a bude ju dopĺňať. Nevýhodou kombinovanej výroby na báze palivových článkov je tá, že domácnosti odrádza hlavne vysoká obstarávacia cena týchto zariadení. [26]

Tabuľka 4. Vitovalor 300-P - podrobná špecifikácia

Menovitý tepelný výkon	1-20	kW
Elektrický výkon modulu palivových článkov	750	W
Tepelný výkon modulu palivových článkov	1	kW
Tepelný výkon kotla pre špičkovú záťaž	5-19	kW
Elektrický prípoj	230	V
Frekvencia	50	Hz
Hlučnosť	<49	dB
Elektrická účinnosť modulu palivového článku	37	%
Celková účinnosť modulu palivového článku	90	%
Tepelná účinnosť kotla pre špičkovú záťaž	98/109	%
Akumulačný zásobník vykurovacej vody	170	l
Zásobník teplej vody s integrovaným nabíjacím systémom	46	l
Palivo	Zemný plyn	
Rozmery palivového článku	516 x 480 x 1667	mm
Rozmery kotlovej jednotky	595 x 600 x 1932	mm
Minimálna potrebná výška priestoru	2250	mm
Hmotnosť modulu palivového článku	125	Kg
Hmotnosť modulu plynového kondenzačného kotla	165	Kg
Priestorové nároky	0,65	m ²
Energetická trieda	A++	

[26]

3.4 Akumulácia elektriny dodávaná obnoviteľnými zdrojmi energie

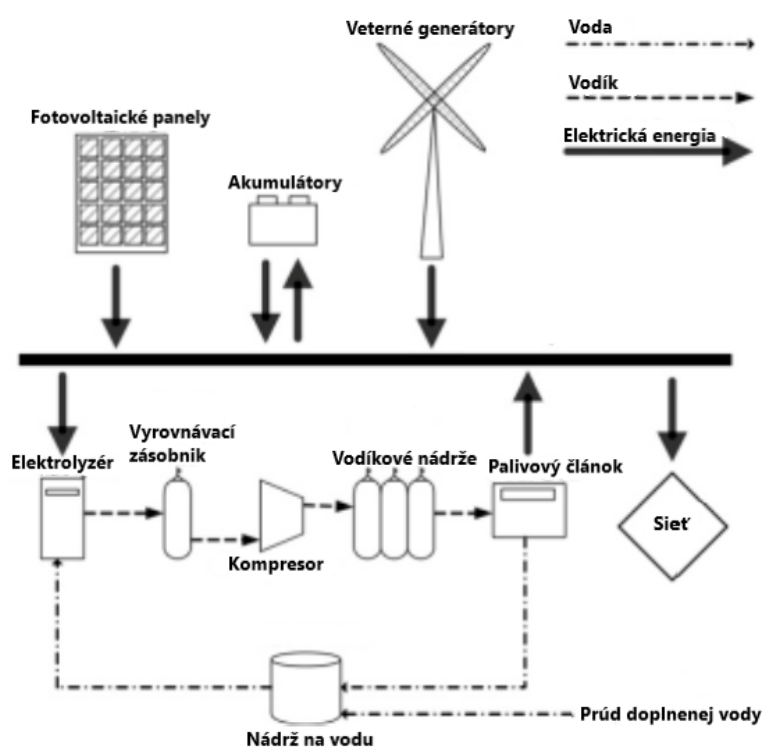
Pod pojmom obnoviteľný zdroj si vieme predstaviť energiu ktorá je udržateľná alebo niečo čo sa nemôže vyčerpať alebo je nekonečné. S rastúcou svetovou populáciou rastie aj dopyt po energii, ktorá napája naše domácnosti, podniky a komunity. Inovácia a rozširovanie obnoviteľných zdrojov energie je kľúčom k udržaniu úrovne energie a ochrane našej planéty pred zmenou podnebia.

Obnoviteľné zdroje energie dnes tvoria 26 % svetovej elektriny, podľa medzinárodnej energetickej agentúry (IEA) sa očakáva, že ich podiel dosiahne do roku 2024 hodnotu 30 %. [27]

Výroba elektrickej energie pomocou vetra alebo fotovoltaických panelov je nerovnomerná, je to zapríčinené nestálymi poveternostnými podmienkami. Ďalšie negatívum je že musíme zálohovať tieto zdroje pomocou klasických zdrojov. Z týchto dôvodov dochádza ku zvýšeniu ceny elektrickej energie pre konečných zákazníkov.

3.4.1 Výroba vodíka pre reguláciu obnoviteľných zdrojov

Vodíkové technológie môžu slúžiť k uskladneniu elektrickej energie vyrobenej z obnoviteľných zdrojov s nestálym výkonom priamo v mieste výroby. Vodík možno neskôr využiť podľa lokálnych podmienok ako palivo pre dopravu alebo opätovnú výrobu elektrickej energie napríklad v stacionárnych palivových článkoch alebo v motoroch. [28]



[28]

Obrázok 16. Schéma usporiadania systému

Elektrina ktorá sa získa z obnoviteľného zdroja sa konvertuje na vodík pomocou elektrolýzy. Vodík sa následne stlačí kompresorom na tlak 350 bar a je skladovaný vo vodíkových nádržiach. K opätovnej transformácii vodíka na elektrickú energiu sa môžu použiť stacionárne palivové motory alebo palivové články. Pri výbere zariadenia hrajú rolu rôzne faktory, ako ekonomické, veľkosť zariadenia, a na kvalite stabilizácie obnoviteľného zdroja. [28]

Jedna z prekážok pre väčšie rozšírenie využitia či už solárnej alebo inej obnoviteľnej energie pre výrobu elektrickej energie je variabilita zdroja. Pri samostatných energetických systémoch (stand-alone power system – SAPS) je možné vyrovnávanie krátkodobých denných výkyvov dosiahnuť pomocou batérií. Pre dlhodobé zálohovanie alebo reguláciu väčších zdrojov pripojených do distribučnej siete sú batérie nedostatočné, takže je tu možnosť využitia vodíka, ktorý je vyrobený pomocou elektrolýzy. V nasledujúcom texte sú porovnané ekonomické charakteristiky spomínaných prístupov k regulácii: [28]

- PV/batérie – Ide o fotovoltaičné moduly s uskladnením elektrickej energie v batériách.
- PV/elektrolýza – Tento prístup využíva elektrinu z PV modulov v kombinácii s elektrolyzérom ktorý zaisťuje výrobu vodíku a kyslíku, zariadenie na čistenie a kompresiu, systém skladovania a zariadenie na opätovnú výrobu elektriny z vodíku (motor + generátor, palivový článok)

V prvom prípade je účinnosť uloženia elektriny do batérií a jej opätovného získania približne 85 %. Treba využiť značné množstvo batérií kvôli veľkosti zariadenia, požiadavkám na kvalitu zálohovania a stabilizácie. Napríklad v prípade SAPS s priemerným denným výkonom 10 kWh/d je to približne 250 kWh. Tento prípad kvôli značnému množstvu batérií predstavuje väčšie investičné náklady. [28]

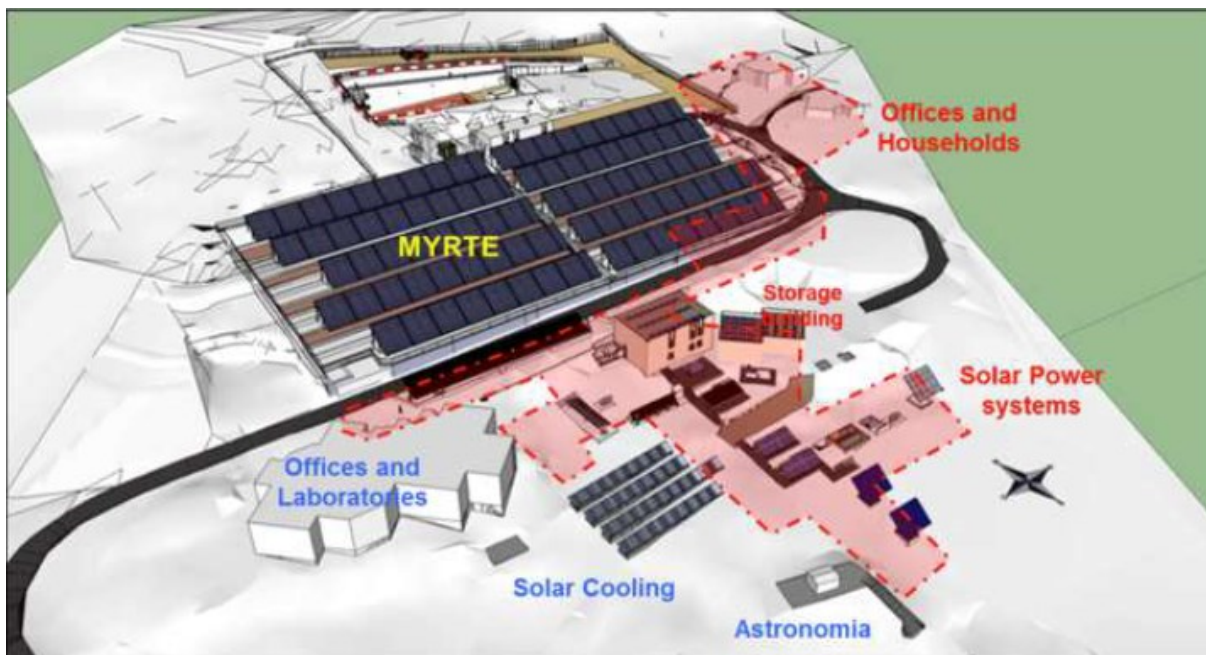
V druhom prípade, kde sa využíva kombinácia fotovoltaičných panelov a výroba vodíka, sa vyznačuje nižšia účinnosť a to maximálne 40 %. Z toho vyplýva že sú potrebné vyššie nároky na zdroj primárnej energie (PV), ale investičné náklady sú takmer nezávislé na množstvo skladovanej energie. Takže využitie vodíka sa hlavne vyplatí v oblasti, kde je potrebné uchovať značné množstvo energie na dlhšiu dobu. [28]

3.4.2 Projekt Myrte na Korzike

Výskum platformy Myrte Univerzity Korziky sa venuje výrobe a skladovaniu slnečnej energie. Jej cieľom je prerozdeliť túto energiu v rámci elektrickej siete počas období silného denného používania alebo zmierniť extrémne výkyvy energie ktorú dodáva fotovoltaičná elektrárň. Cieľom platformy je vyrábať a skladovať energiu prostredníctvom vodíkového reťazca. Pozostáva z elektrolyzéra, ktorý počas hodín slabej spotreby produkuje vodík a kyslík z molekúl vody. [29]

Táto energia sa potom distribuuje cez palivový článok, ktorý rekombinuje vodík a kyslík na vodu a vyrába elektrinu, napríklad večer počas hodín dôležitej spotreby, keď sú fotovoltaičné panely neaktívne. Tento prístroj tiež produkuje teplo, ktoré je možné akumulovať na rôzne druhotné použitie. [29]

Od roku 2012 je elektrárň napojená na sieť EDF (francúzsky elektrický systém) a produkuje ekvivalent elektrickej energie na 200 domov. Svojou veľkosťou a asimiláciou v elektrickej sieti sú platformy MYRTE a PAGLIA ORBA umiestnené na univerzite v Korzike, jednou z mála lokalít na svete, ktoré sú schopné študovať duo vzdelávanie obnoviteľné energie a skladovanie v skutočných podmienkach. [29]



Obrázok 17. MYRTE a časti výskumného centra

[31]

Platforma MYRTE sa skladá zo solárneho fotovoltaiického poľa, PEM článku s výkonom 210 kW, elektrolyzéra, zásobníkov (vodík, kyslík a voda), systému tepelného riadenia a premeny elektrickej energie spojenej s rôznymi subsystémami. Projekt spoločne vyvíjajú AREVA, laboratórium vied o životnom prostredí na univerzite V Korzike a francúzska komisia pre atómovú energiu a alternatívne energie (CEA). Je spolufinancovaný vládou Korziky, francúzskou vládou a Európskou úniou. Od januára 2012 MYRTE pripojila 560 kW PV panelov k systému skladovania na báze vodíka, ktorý poskytuje riešenie problému prerušovaného prenosu. Nový systém taktiež ponúka väčšiu flexibilitu pre sieťové operácie, a poskytuje výskumným pracovníkom na univerzite v spolupráci s CEA a francúzskym národným centrom pre vedecký výskum CNRS možnosť plánovať a testovať rôzne scenáre energetického manažmentu. [30]

3.5 Výroba alternatívnych palív

Alternatívne palivá, tiež známe ako nekonvenčné a moderné palivá, sú akékoľvek materiály alebo látky ktoré sa dajú použiť ako palivá. Sú iné ako bežné palivá (fosílna palivá z ropy, uhlia a zemného plynu). Niektoré známe alternatívne palivá zahŕňajú bionaftu, bioalkohol (metanol, etanol, bután), palivo pochádzajúce z odpadu, chemicky uskladnenú elektrinu (batérie a palivové články), vodík, nefosílny metán, nefosílny zemný plyn, rastlinný olej, propán a ďalšie zdroje biomasy. [32]

Palivo je akýkoľvek materiál, ktorý je možné pripraviť na reakciu s inými látkami tak, že uvoľňuje energiu ako tepelná energia alebo je použité na vykonanie práce. Hlavným účelom paliva je skladovať energiu, ktorá by mala byť v stabilnej forme a dá sa ľahko dopraviť na miesto použitia. Palivo sa používa napríklad na pohon motora, výrobu tepla a na osvetlenie. [32]

3.5.1 Uhlíkovo neutrálne a negatívne palivá

Uhlíkovo neutrálne palivo sa nazýva syntetické palivo. Do tejto kategórie patrí napríklad metán, benzín, nafta alebo palivo pre tryskové motory vyrobené z obnoviteľnej alebo jadrovej energie používanej na hydrogeneráciu odpadového oxidu uhličitého. Oxid uhličitý je recyklovaný z výfukových plynov z elektrárne alebo z kyseliny karbolovej (fenol) v morskej vode. [32]

Tieto palivá sú potenciálne uhlíkovo neutrálne, pretože nevedú k čistému zvýšeniu atmosférických skleníkových plynov. Najmenej nákladným zdrojom uhlíka na recykláciu do paliva sú emisie spalín zo spaľovania fosílnych palív. Zachytávanie výfukových plynov z automobilov sa tiež navrhlo ako ekonomické, ale vyžadovalo by to rozsiahle konštrukčné zmeny alebo dodatočné vybavenie. [32]

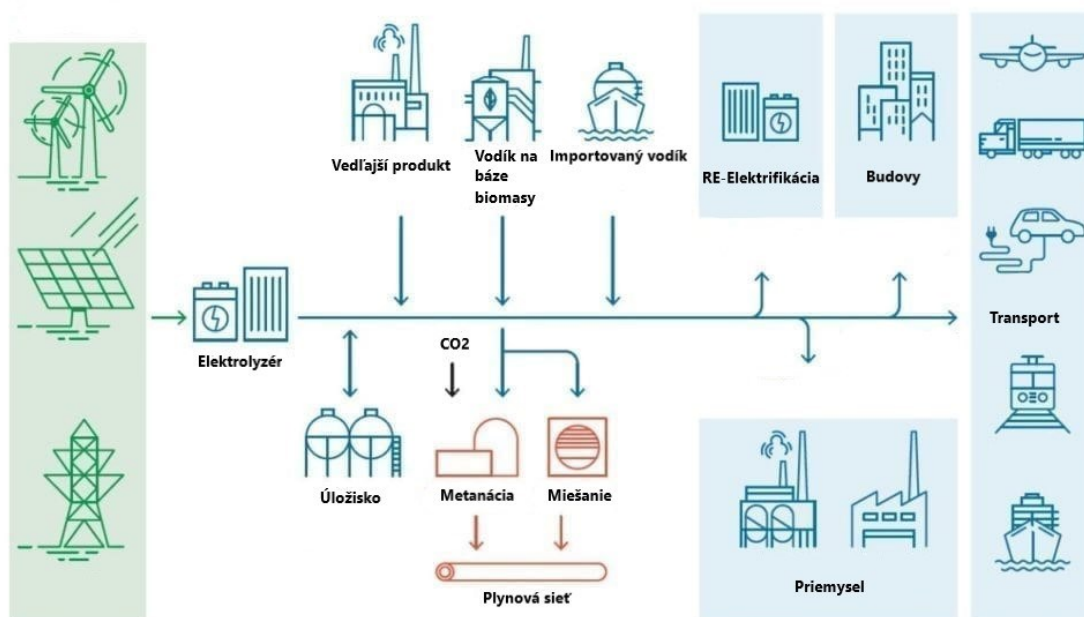
Nočná veterná energia je považovaná za najekonomickejšiu formu elektrickej energie na syntetizáciu paliva, pretože krivka zaťaženia elektriny prudko vrcholí počas najteplejších hodín dňa, ale vietor má tendenciu fúkať v noci o niečo viac ako počas dňa. Preto je cena nočnej veternej energie často oveľa lacnejšia ako akákoľvek alternatíva. Ceny mimo špičku veternej energie v oblastiach s veľkým prienikom vetra v USA je priemerne 1,64 centu za kWh. [32]

3.5.2 Technológia Power-to-gas (energia na plyn)

Ide o technológiu, ktorá využíva elektrickú energiu na výrobu plynného paliva. Pri použití prebytočnej energie z výroby pomocou vetra sa koncept niekedy nazýva aj veterný plyn. Väčšina systémov Power to gas používa na výrobu vodíka elektrolyzu. Vodík sa môže použiť priamo, alebo s ďalšími krokmi známymi ako dvojstupňové systémy P2G. Tieto kroky môžu konvertovať vodík na syntézny plyn, metán alebo LPG. Existujú aj jednostupňové systémy P2G na výrobu metánu, ako napríklad technológia reverzibilných buniek s pevnými oxidmi (ReSOC). [32]

Plyn sa môže použiť ako chemická surovina alebo sa môže konvertovať späť na elektrinu pomocou konvenčných generátorov, ako sú plynové turbíny. Power to gas umožňuje, aby sa energia z elektriny skladovala a prepravovala vo forme stlačeného plynu, pričom sa často využíva existujúca infraštruktúra na dlhodobú prepravu a skladovanie zemného plynu. P2G je často považovaná za najslubnejšiu technológiu pre sezónne skladovanie obnoviteľnej energie. [32]

P2G systémy sa môžu nasadiť ako doplnok k veterným parkom alebo k solárnej výrobe. Prebytočný alebo špičkový výkon ktorý je vygenerovaný veternými generátormi a solárnymi panelmi sa môže použiť o hodiny, dni alebo aj mesiace neskôr na výrobu elektriny pre elektrickú sieť. Pred prechodom na zemný plyn boli nemecké plynárenské siete prevádzkované pomocou ťažného plynu, ktorý pozostával z 50-60 % vodíka. Skladovacia kapacita nemeckej siete so zemným plynom je viac ako 200000 GWh, čo je dostatočné na niekoľkomesačnú potrebu energie. Na porovnanie, kapacita všetkých nemeckých prečerpávacích elektrární predstavuje iba asi 40 GWh. Skladovanie zemného plynu je vyspelé odvetvie, ktoré existuje už od Viktoriánskych čias. Požiadavka na rýchlosť ukladania v Nemecku sa odhaduje na 16 GW v roku 2023, 80 GW v roku 2033 a 130 GW v roku 2050. Náklady sa odhadujú na 0,10 € za vodík a 0,15 € za metán. [32]



Obrázok 18. Technológia Power to Gas

[33]

Vyrobený vodík sa môže použiť napríklad ako palivo, na prepravu, načerpanie ropy do ľahkých vozidiel, železníc a lodí, alebo ako surovina pre priemysel. V inej chválenej aplikácii môže byť uskladnený a znovu použitý ako palivo na výrobu energie cez plynové turbíny alebo palivové články. [33]

Taktiež by sa mohol vstrekať do siete na zemný plyn, ale s rôznymi obmedzeniami, pretože vysoký obsah vodíka vyvoláva technické a bezpečnostné problémy. Napríklad Veľká Británia umožňuje vstrekovanie iba 0,1 % vodíka, zatiaľ čo v niektorých častiach Holandska je hranica 12 %. Avšak pokroky v uvoľňovaní prebiehajú. [33]

Ak sa prevedie vodík na syntetický metán, môže sa plyn použiť ako priama náhrada fosílného zemného plynu v plynárenských sieťach alebo ako sezónne uskladnenie energie. Je to dôležité, pretože ako uviedol oxfordský inštitút energetických štúdií v dokumente, P2G môže zaviesť do energetického systému značnú flexibilitu, čo vedie k prepojeniu systému. To vedie k užšej integrácii medzi plynárenským a elektrickým systémom, ktorá by mohla byť nákladovo efektívnejšia ako úplná elektrifikácia plynových sektorov. [33]

Všetky súčasné P2G systémy začínajú používaním elektriny na rozdelenie vody na vodík a kyslík pomocou elektrolýzy. V systéme energia na vodík sa výsledný vodík vstrekuje do siete na zemný plyn alebo sa používa skôr v doprave alebo priemysle, než aby sa použil na výrobu iného plynu. [32]

3.5.3 Syntetický zemný plyn

Syntetický zemný plyn je druh plynu vyrobeného z uhlia, ktorý slúži ako náhrada zemného plynu a je vhodný na prepravu v potrubiach na zemný plyn. Táto náhrada zemného plynu musí obsahovať najmenej 95 % metánu. Medzistupňom v procese výroby syntetického zemného plynu je výroba syntézneho plynu, tiež známeho v skratke syngas. [34]

Zemný plyn je hlavnou súčasťou svetových dodávok energie, pretože sa široko používa v obytných, komerčných a priemyselných aplikáciách. Ponuka je však obmedzená, a preto je syntetický zemný plyn žiadúci, ak v danom regióne chýba alebo je nedostatok zemného plynu. Tento druh zemného plynu je žiadúci, pretože má spaľovacie vlastnosti podobné zemnému plynu, a preto nie je nutné vykonať veľké zmeny ku používaniu syntetického zemného plynu. [34]

Syntetický zemný plyn vzniká termo-chemickou konverziou. Prvým krokom v tejto premene je splyňovanie zdroja tuhého uhlíka, či už uhlia alebo biomasy, parou alebo kyslíkom. Tu sa uhlie spaľuje s obmedzeným prísunom kyslíka alebo vzduchu a hlavným produktom je oxid uhličitý. Na zníženie množstva dusíka v tomto plyne používajú moderné plynové elektrárne na spaľovanie čistý kyslík. Ak sa k tomuto čistému kyslíku pridá para, potom namiesto tradičného spaľovania dôjde k reakcií vodného plynu. [34]

Tieto procesy odvádzajú časť prchavého materiálu a produkt je známy ako produkčný plyn. Všeobecne k tomu dochádza v splynovači, ktorý dodáva uhlie do vysokotlakovej a vysokoteplotnej nádoby a rovnomerne distribuuje paru alebo kyslík pri odstraňovaní popola na splyňovanie uhlia. Presné zloženie tohto plynu závisí od typu použitého reaktora, prevádzkových podmienok a ďalších procesov počas procesu splyňovania. Tento plyn obsahuje aj nečistoty, ako sú oleje, dechty, sírovodík a amoniak, ktoré je potrebné odstrániť. Plyn musí prejsť čistením a úpravou. Odstraňujú sa nečistoty ako amoniak a síra. Po tomto čistení a úprave zostane užitočný syntetický plyn (oxid uhoľnatý a vodík) plus nejaké množstvo metánu a oxidu uhličitého. [34]

Na dokončenie výroby syntetického zemného plynu musí byť syntézny plyn podrobený reakciám posunu vodného plynu a metanáciou. Táto reakcia vyžaduje výskyt kovového katalyzátora. Cieľom tohto plynu je získať metán (hlavná zložka zemného plynu), takže časť oxidu uhoľnatého sa zachová a reakcia neprebehne úplne. V tomto okamihu sa oxid uhličitý oddelí pomocou určitého druhu prania a zostane iba posledný metanačný krok. Počas metanácie oxid uhoľnatý reaguje s vodíkom, ktorý bol vytvorený pomocou niklového katalyzátora, za vzniku metánu a pary. V tomto okamihu je syntetický zemný plyn hotový, polovica pôvodného uhlíka v uhlí sa zmenila na metán a zvyšok uhlíka sa premení na oxid uhličitý. [34]



Obrázok 19. Splynovač uhlia určený na výrobu syntetického plynu

[34]

3.5.4 Princípy metanácie a metanizácie

Metanácia

- Vytvorenie chemickej alebo biologickej reakcie nazývanej Sabatierova reakcia kombináciou oxidu uhličitého alebo oxidu uhoľnatého s vodíkom za vzniku metánu a vody
- Výroba obnoviteľnej energie vo forme syntetického metánu touto chemickou cestou [35]

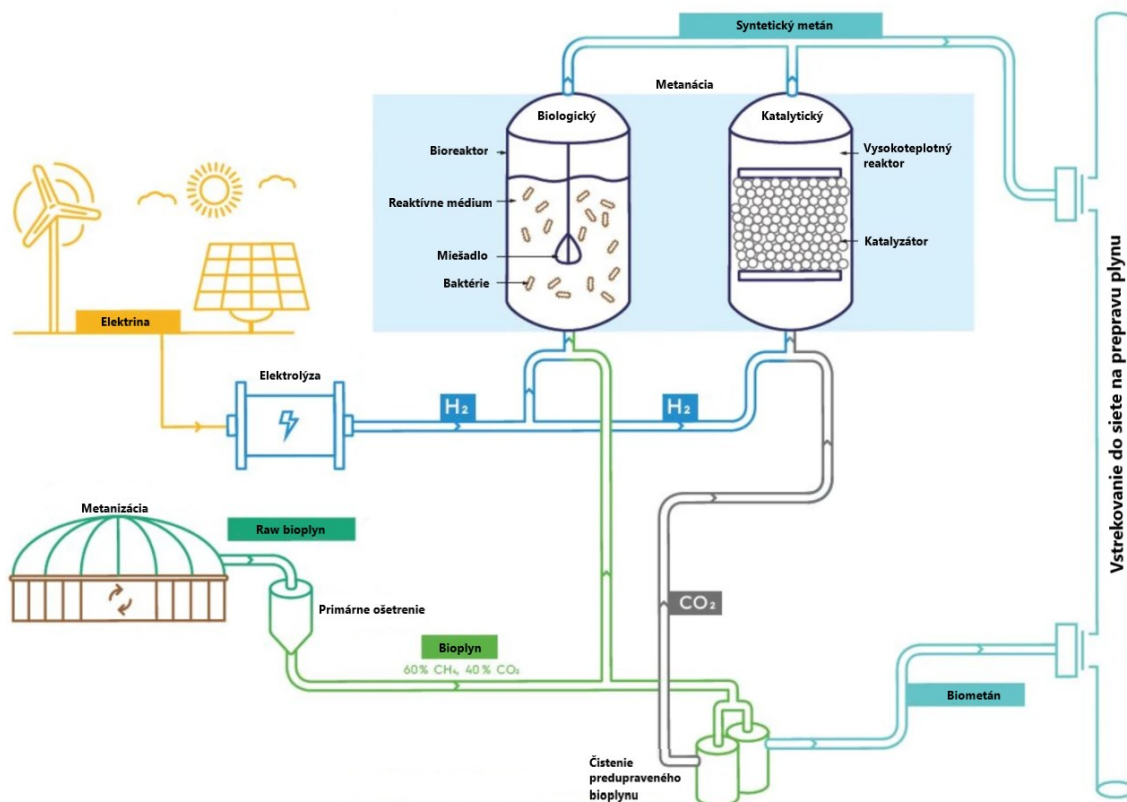
Metanizácia

- Rozkladanie rastlinných a živočíšnych látok v atmosfére zbavenej kyslíka na výrobu bioplynu
- Recyklácia organického odpadu, ktorý sa tak môže vstrekať do plynových sietí
- Výroba obnoviteľného zdroja energie, bioplyn, ktorý sa po spracovaní môže vstrekať do siete vo forme biometánu [35]

To znamená že syntetický metán je možné získať použitým chemického alebo biologického procesu metanácie. V súčasnosti je metanizácia spojená hlavne s dvoma spôsobmi výroby energie a to pyrolýzou a technológiou Power to gas. Technológiu Power to gas som spomínal v minulej kapitole.

Pyrolýza spočíva v zahrievaní odpadu na vysokú teplotu v prostredí s nízkym obsahom kyslíka. Prvý stupeň pyrolýzy rozkladá materiál na 3 fázy a to pevná látka, kvapalina a plyn. Následne je tu druhý stupeň ktorý je vlastne splynovanie, kde sa premieňa pevná a kvapalná fáza na syntetický plyn.

V pyrolýze sa dá takmer všetok odpad premeniť na syntetický metán. Rast odvetvia by sa mal podporiť podpornými mechanizmami. Agentúra Ademe (francúzska agentúra pre životné prostredie a energetiku) odhaduje, že v roku 2050 by potenciálna produkcia syntetického metánu pyrolýzou mohla byť 250 TWh. [35]

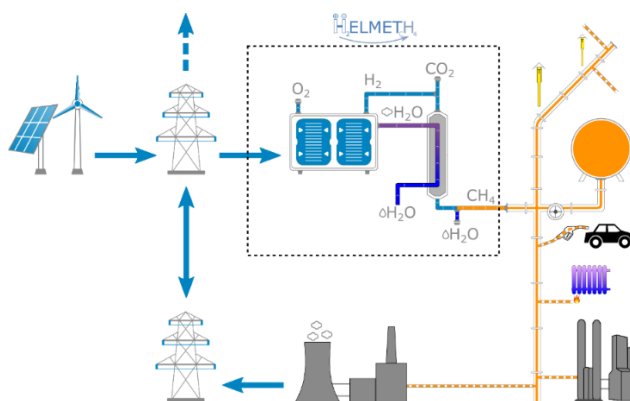


Obrázok 20. Princípy Metanácie a Metanizácie

[35]

3.5.5 Projekt Helmeth

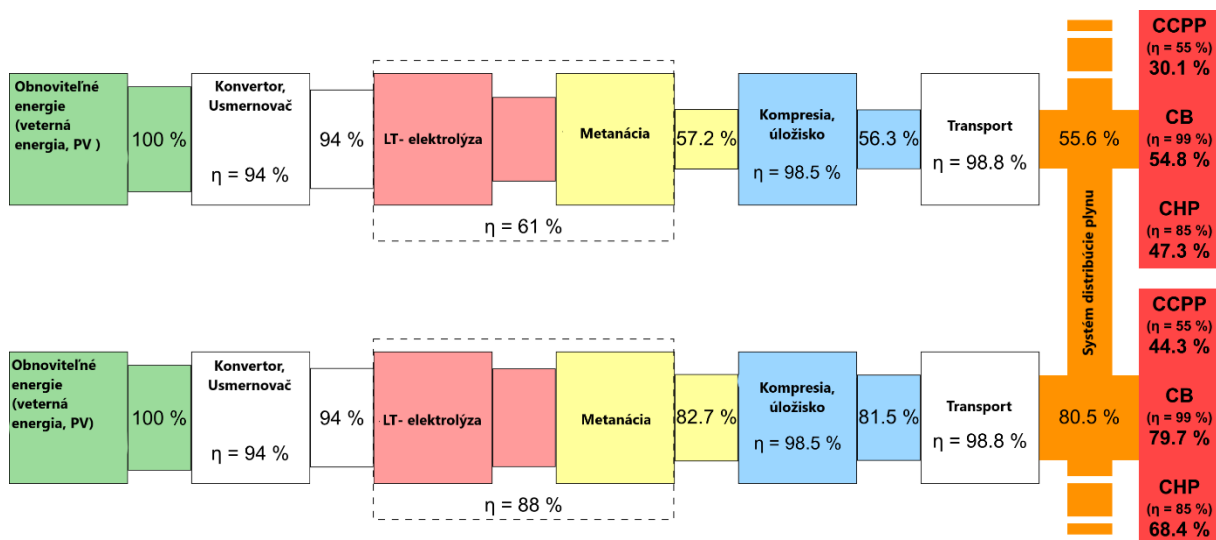
Cieľom projektu Helmeth je dôkaz koncepcie vysoko efektívnej technológie P2G s metánom ako chemickým zásobníkom a tepelnou integráciou vysokoteplotnej elektrolýzy SOEC s metanáciou. Táto tepelná integrácia vyvažujúca exotermické a endotermálne procesy je inováciou s vysokým potenciálom pre energeticky najefektívnejšie riešenie skladovania obnoviteľnej elektriny, bez akýchkoľvek praktických obmedzení kapacity a trvania, pretože poskytuje SNG (náhradný zemný plyn) ako produkt, ktorý je plne kompatibilný s existujúcou potrubnou sieťou a úložnou infraštruktúrou. [36]



Obrázok 21. Koncept P2G s tepelne integrovanou vysokoteplotnou elektrolýzou a metanáciou oxidu uhličitého

Vysokoteplotná elektrolýza sa v Helmeth procese uskutočňuje pomocou elektrolyzátorov s tuhými oxidmi (SOEC) a je tepelne spojená s exotermickou metanáciou oxidu uhličitého pomocou pary produkovanej neskôr. [36]

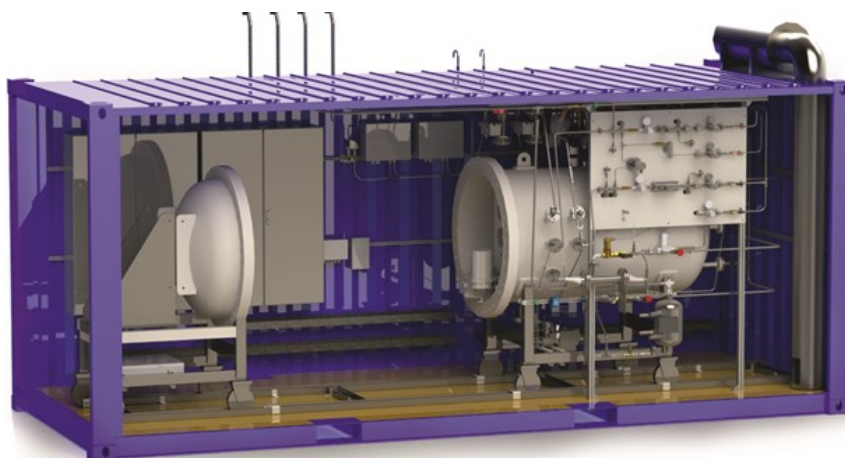
V porovnaní s bežnými zariadeniami P2G, ktoré používajú nízokoteplotné (LT) elektrolyzné systémy založené buď na technológiách alkalických membrán alebo PEM, sa očakáva, že koncept drasticky zlepši účinnosť zariadenia P2G z približne 61 % na 85 %. Treba zdôrazniť že modul SOEC aj kompletný závod Helmeth P2G tvoria prvé prototypy, ktorých funkčnosť sa bude demonštrovať pomocou výskumných a vývojových aktivít uskutočňovaných v rámci projektu. [36]



Obrázok 22. Porovnanie bežnej P2G a novej koncepcie Helmeth

Kľúčové údaje o výkone vysokoteplotného modulu elektrolýzy sú:

- Prevádzková teplota 800 °C
- Prúdová hustota 1 A/cm₂
- Výskum režimu co-elektrolýzy (simultánny prísun pary a CO₂)



Obrázok 23. Vysokoteplotný párný elektrolýzny modul pod tlakom

4 Posúdenie možností aplikácií vodíkových technológií v podmienkach Ostravského regiónu

4.1 Vodík v mestskej hromadnej doprave

V dnešnej dobe je v Ostravskom regióne ale aj inde vo svete dosť riešené téma ekológia a nízkoemisné vozidlá či už osobné alebo mestská hromadná doprava. Moravsko-sliezsky kraj ma cieľ minimalizovať splodiny pre ďalšie desaťročie, a preto chce zaviesť vodík do oblasti autobusov a železníc.

Dopravný podnik Ostrava mal víze do konca roku 2020 ukončiť premávku dieselových autobusov, napokon sa tak stalo 9.4.2021, keď vypol posledné dieselové autobusy. Tieto autobusy budú používané iba ako zálohy a do bežnej prevádzky ich nasadiť neplánuje. Časť z nich si plánuje nechať ale radu z nich ponúkne na predaj. Prvé autobusy ktoré budú mať pohon na vodík by sa mali objaviť v Ostrave v roku 2023. Momentálne sa vo vozovom parku nachádza 235 autobusov, z čoho 225 sú CNG a 10 sú elekrobusesy. Dopravný podnik Ostrava taktiež vyberá dodávateľa pre ďalších 18 parciálnych trolejbusov. [37]

Ako píšú v rôznych článkoch vodíková mobilita je budúcnosť, nielen preto že výroba vodíka môže byť úplne čistá, ale ide aj o pohon, pretože z výfuku kvapká iba voda. Ostrava chce aby v ich kraji jazdili ako prvé na vodík nielen autobusy, ale aj vlaky. Ideálny prípad pre priemysel by bol, aby sa tu nachádzala aj výroba. Podnik taktiež chystá nové projekty, jedným z nich je výstavba vodíkovej plničky na Hranečníku, ktorá bude určená primárne pre dopravný podnik, ale aj pre verejnosť. Ak to takto bude pokračovať tak Ostrava bude prvým mestom, kde budú jazdiť vodíkové autobusy v rutinej prevádzke. [38]

Preto by bola skvelá aplikácia vodíkových technológií práve v tomto odvetví. V rámci Ostravy ale aj inde v Moravsko-sliezskom kraji vybudovať viac vodíkových plničiek, aby široká verejnosť mala komfortné dopĺňanie paliva a taktiež prispela k zníženiu emisií napríklad v budúcnosti zakúpením vodíkového vozidla.



Obrázok 24. Autobus poháňaný vodíkom

[38]



Obrázok 25. Prvá čerpacia stanica vodíku v Neratoviciach

[39]

4.2 Vodíkové mesto

Ide o projekt, ktorý sa bude nachádzať na bývalej halde v Ostrave-Hrabuvce. Tento projekt má prispieť ku vzniku vodíkového údolia v Moravsko-sliezskom kraji a posunúť región medzi lídrov v presadzovaní moderných ekologických technológií. Bude to domov pre tisíce ľudí kde si nájdu prácu aj zábavu. Približne by tam mohlo bývať asi 2800 ľudí. Súčasťou tohto mesta bude bezemisná či nízkoemisná doprava ako električky, autobusy aj automobily poháňané vodíkom alebo skvapalneným plynom. Taktiež sa tu bude nachádzať technologický park, ktorý bude zaisťovať sebestačné tepelné aj energetické hospodárstvo lokality. Technológie nebudu iba na báze vodíka, ale aj bioCNG, LNG (skvapalnený zemný plyn), slnko, vietor a voda. [40]



Obrázok 26. Vodíkové mesto

[40]

Vodíkové mesto H2 District budú budovať Vítkovice. Vodíkový lídri z celého sveta a Cylinders Holding budú dodávať technológie. Halda prešla s pomocou štátu rozsiahlou rekultiváciou a jej poloha je skvelá na využitie slnečných a geotermálnych procesov.



Obrázok 27. Zóny vodíkového mesta

Vo vodíkovom meste sa budú nachádzať zóny na rôzne využitia:

- Komerčná zóna – budú sa tu nachádzať showroomy rôznych vodíkových automobilov, bicyklov a kolobežiek, nákupné centrum vodíkového spotrebného materiálu, kancelárie na projektovanie a podobne.
- Zóna dopravy – plniace stanice s ponukou bezemisných a nízkoemisných palív ako sú vodík BioCNG LNG a elektro a mestská hromadná doprava na vodík.
- Zóna vedy a inovácií – nájdeme tu výskum skladovania vodíku, technológie pre vodíkovú energetiku, výrobu zeleného vodíku a celkový vývoj a produkcie a výroby vodíka.
- Zóna voľného času – tu bude futbalový štadión Baník, H2sport aréna, H2 adrenalínový park a ďalšie športové centra ktoré budú využívať veľké jazero v tomto meste.

Nebude chýbať IT dispečing pre riadenie logistiky a pre efektívne použitia s energiami. [41]

4.3 Doplnenie BTS modulmi vodíkových palivových článkov

Jedna z aplikácií, ktorú v rámci Ostravy použiť, je zálohovať stanice BTS pomocou vodíka. Ide o zálohovanie o menších inštalovaných výkonov. Zálohovanie bude dodávať energiu pri výpadkoch siete, ale aj pri dlhodobých výpadkoch ako napríklad živelné pohromy, blackout, teroristické útoky a podobne. Finančné nároky pre zálohovanie všetkých BTS by boli vysoké, pretože sa ich tu nachádza nespočetne veľa, išlo by iba o zálohovanie tých najdôležitejších, ako napríklad tie pomocou ktorých si privoláme pomoc a podobne (mobilný operátor). Momentálne sa dlhodobé výpadky zálohujú pomocou diesel-centrály ktorú obsluhuje pracovník prevádzkovateľa konkrétnej BTS. Preto by bola záloha pomocou vodíku skvelou náhradou, pretože neprodukujú oproti naftu žiadne emisie a prach.

Systém pomocou palivových článkov je udržateľné riešenie, špeciálne vtedy ak je systém ešte doplnený solárnymi panelmi. Preferovanou možnosťou palivových článkov na tento účel sú PEMFC články, pretože majú nízku prevádzkovú teplotu a rýchlo sa spúšťajú. PEMFC môžu pracovať na čistom vodíku (vo fľašiach), pomocou elektrolýzy vody alebo reformovania metanolu a zemného plynu. Tento spôsob značne predlží napájanie BTS výpadku oproti štandardne používaným oloveným akumulátorom (olovené batérie) ktoré sa momentálne používajú.

Zahraničné štúdie ukázali že PV-palivové články fungovali bez poruchy 3239 hodín (viac ako 229 dní v prevádzke) a palivové články absolvovali 177 cyklov štart-stop a udržiaval batérie v priemere 76 % stavu nabitia. [42]



Obrázok 28. Schéma neprerušovaného napájania BTS

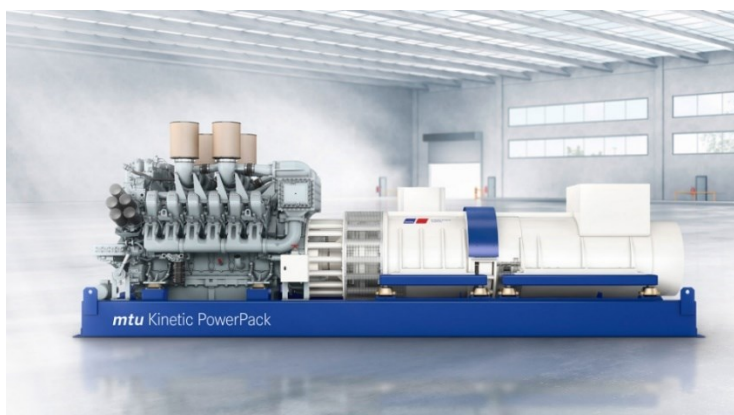
[43]

4.4 Aplikácia vodíkových technológií v superpočítači VŠB-TUO

IT4Innovations národné superpočítačové centrum je strategickou veľkou výzkumnou infraštruktúrou v Českej republike. Zaoberá sa excelentným výskumom v oblasti vysoko výkonného počítania (HPC), dátových analýz (HPDA) a umelej inteligencie (AI). Unikátna non-IT infraštruktúra superpočítača zaistila prevádzkové podmienky pre vysoké výpočetné výkony. Jedná sa predovšetkým o systém záložného napájania a priame chladenie procesorov a pamätí superpočítača pomocou teplej vody. Vďaka tomuto je možné razantne znížiť náklady na elektrickú energiu na výrobu chladu. Navrhnuté riešenie umožňuje taktiež využitie odpadového tepla na vykurovanie celej budovy a k príprave teplej úžitkovej vody. [44]

Inštalované technológie záložného napájania v tejto budove boli zvolené tak aby splňovali podmienky najvyššej spoľahlivosti a dostupnosti. Nachádzajú sa tu záložné zdroje s výkonom 2500 kVA a fungujú na technológii dynamické UPS (DUPS). [44]

Dynamické zdroje neprerušiteľného napájania sa skladajú z generátora napätia, hriadele, na ktorej je induktívne viazaný zotrvačník a dieselový motor. Hriadeľ je vybavená voľnobežnou spojkou, ktorá zabezpečuje štart motoru vždy s nulovou záťažou. Indukčný zotrvačník hromadí kinetickú energiu, ktorá zabezpečí v prípade výpadku napájania prekliknutie doby nutnej pre štart dieselového motora. DUPS sú používané hlavne pre veľké výkony, kde klasické UPS sú nedostatočné. [45]



Obrázok 29. DUPS

[46]

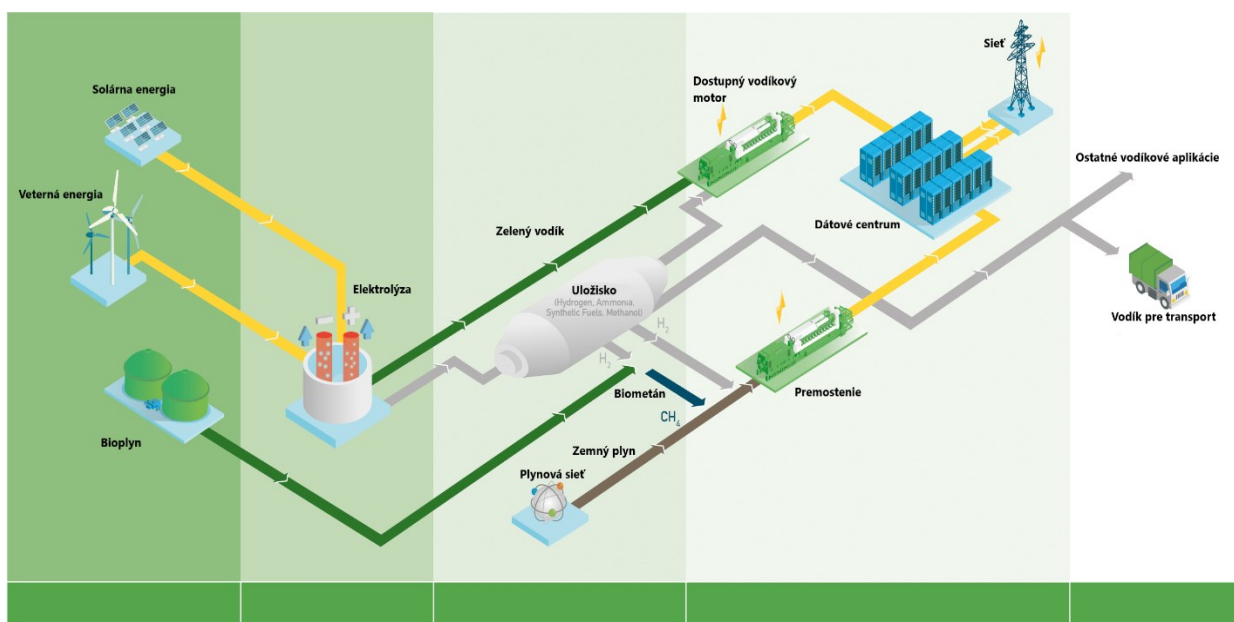
Vodíkové technológie ako záložný zdroj by tu určite tiež našli svoje využitie. Podobne ako u BTS by tu uplatnenie našli PEM palivové články. Ideálne by bolo keby v priestoroch superpočítača bola možnosť vyrábať vodík na mieste, spojením palivových článkov s elektrolyzermi, aby sa prebytočná obnoviteľná energia počas dňa mohla premeniť na vodík na dlhodobé skladovanie a následne sa pomocou palivového článku premení späť na elektrickú energiu. Takéto riešenie plánuje taktiež spoločnosť Microsoft. Myšlienkou nie je len vymeniť záložné diesel generátory, ale aj odstrániť potrebu batériových nepretržitých zdrojov napájania. Vodíkové palivové články umožnia aby sa dátové centrá stali nielen uhlíkovo neutrálnymi, ale aj uhlíkovo negatívnymi. [47]

Ďalším výrazne menej emisným riešením je možnosť implementovať do datacentra plynový generátor. V porovnaní s pohotovostnými naftovými generátormi môžu dodávať vysoko efektívnu a nákladovo efektívnu elektrinu. Môžu poskytnúť výhody elektrickej siete, znížiteľné tarify a pohotovostné činnosti bez poplatkov za špičku. Generátory zemného plynu INNIO J620 získavajú podporu u operátorov dátových centier a sietí po celom svete. [48]



Obrázok 30. INNIO J620

V porovnaní s naftovými generátormi ponúkajú zníženie emisií až o 90 % pre oxid dusný a až o 25 % pre oxid uhličitý, čo dáva používateľom flexibilitu pri dlhšej prevádzke. Generátor J620 s rýchlym štartom poskytuje plné zaťaženie do 45 sekúnd spolu s ďalšími výhodami, ktoré prináša schopnosť pracovať v rôznych pracovných režimoch. [48]



Obrázok 31. J620 ako záložný generátor

[48]

Plynové motory sú vhodné na použitie najrôznejších plynov, takže použitie zmesi vodíka a zemného plynu na výrobu energie je životaschopným riešením. INNIO už dlhé roky prevádzkuje plynové motory s vysokým obsahom vodíka. Posledné projekty využívajú miestne zmiešavanie vodíka so zemným plynom až do 70 %. Plynové motory sú navrhnuté tak, aby fungovali desaťročia. [49]

4.5 Evolúcia teplárenstva v Moravsko-sliezskom kraji

Z hľadiska produkcie skleníkových plynov Česko patrí k najväčším svetovým znečisťovateľom. Česká republika vyprodukuje 146 miliónov ton emisií, čo predstavuje 0,3 % celkových svetových emisií. Ročné emisie na jedného obyvateľa Česka sú o 35 % vyššie ako európsky priemer. [50]

Ekologizácia teplárenského priemyslu je skvelý krok ku menej emisnej krajine. Ekologických riešení je hneď niekoľko ako napríklad energia z obnoviteľných zdrojov, vodík alebo biomasa. Použitie zelenej energie ma priaznivý vplyv na životné prostredie, cenu tepla a elektriny, a taktiež na miestnu zamestnanosť. Najvýraznejším zdrojom biomasy je zelená štiepka, ktorá vzniká pri spracovaní drevenej hmoty počas ťažby dreva, zbytky rastlín ako otruby, alebo pelety zo slamy. [50]

Jedným z projektov skupiny Veolia je ekologizácia teplárne v Karvinej, kde sa v budúcnosti plánuje plynofikácia teplárne a potom v roku 2026, postavenie multipalivového kotla na tuhé alternatívne palivá. Vo Frýdku-Mistku Veolia plánuje v blízkych rokoch plno prejsť na biomasu a vyrábať teplo bez CO₂ a iných škodlivín. [50]

Spoločnosť ČEZ premenila tepláreň vo Vitkoviciach z čiernouhoľnej na plynovú a výrazne tým znížila emisie. Nové riešenie výrazne znížilo emisie síry, dusíka a oxidu uhličitého. Emisie klesnú konkrétne pri oxidoch síry o 410 ton, oxidy dusíka o 288 ton, TZL o 5,8 tony a CO₂ o 40 ton. Čiernouhoľne kotle s celkovým výkonom 182 MW nahradili plynovou kotolnou, ktorá obsahuje tri kotle a dve kogeneračné jednotky. Táto tepláreň je dodávateľ energie pre celé Vitkovice. K jej zákazníkom patria aj napríklad Trinecké železiarne, Vitkovice Holding, Nemocnica Vitkovice aj domácnosti v tejto lokalite. [51]

Vodík je plyn s nízkym obsahom uhlíka, ktorý teoreticky môže nahradiť metán ako zdroj tepla pre domácnosť. Na dodávku vodíka by však bolo potrebné zmeniť usporiadanie národnej plynovodnej siete, zatiaľ čo domáce kotly a ďalšie plynové spotrebiče by bolo potrebné upraviť alebo vymeniť. Výhodou tejto technológie je, že vyžaduje len malú zmenu správania zo strany majiteľa domu, nový vykurovací systém by fungoval rovnako ako dnes nainštalovaný systém. [52]

V januári 2021 bolo oznámené, že spoločnosť ESSAR (rafinéria ropy) a Progressive Energy zainvestujú 750 miliónov libier na výrobu vodíka pre priemyselných používateľov a potenciálnu prepravu, kúrenie a výrobu energie. Projekt bude vyrábať vodík pomocou fosílnych palív, zachytávať emitovaný uhlík a ukladať ho do podzemných zásobníkov. [52]

4.6 Využitie vodíka v priemysle

Nárastom popularity elektrických vysokozdvížných vozíkov v spojení s pretrvávajúcimi environmentálnymi problémami viedol k tomu, že výrobcovia začali skúmať a navrhovať nový typ vysokozdvížných vozíkov, ktoré sú poháňané palivovými článkami. [53]

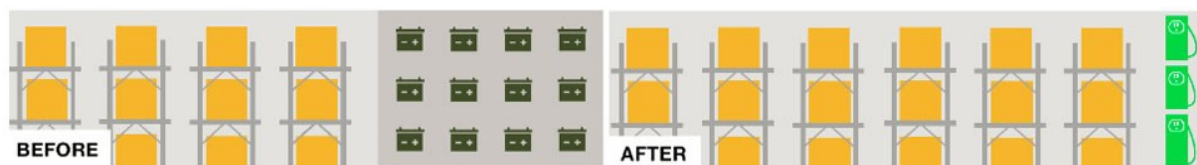
Súčasný výkon vysokozdvížných vozíkov poháňaných kyselinou olovnatou sa v priebehu práce zhoršuje, pretože sa vybíja batéria , a napätie dodávané do jednotky sa znižuje. [53]

Vodíkový pohon ,vďaka svojej schopnosti dodávať konštantné napätie, umožňuje poskytovať lepší celkový výkon na každú nádrž aj pri dlhšej pracovnej činnosti. Vodíkové vozíky sa dajú rýchlo a efektívne natankovať zo systému veľmi podobnému tomu, ako v súčasnosti tankujeme vozidlá na čerpacej stanici. Tankovanie môže trvať iba 3 minúty, v porovnaní s 20 minútami pri vozíkoch ktoré používajú olovené batérie. [53]

Spoločnosti môžu tiež dosť ušetriť pri nákladoch na kapitálové vybavenie, pretože nebude potrebné kupovať a inštalovať zariadenia na nabíjanie batérií a zdvíhacie zariadenia, ako napríklad žeriav. [53]

Prechod na vysokozdvížné vozíky s vodíkovým pohonom odstráni rad zdravotných a environmentálnych problémov spojených so súčasnými vozíkmi na batérie a spaľovacie motory. Spaľovacie motory pri prevádzke produkujú chemikálie a emisie ktoré v uzavretých priestoroch, skladoch alebo v halách môžu mať dlhodobý nepriaznivý vplyv na zdravie pracovníkov. Súčasná batérie vozíkov musia byť v rámci procesu nabíjania odplynené. Opäť bez správneho vetrania miestnosti môžu mať výpary nepriaznivý dopad na zdravie. Akékoľvek emisie z vodíkových vozíkov neobsahujú nebezpečnú zmes chemikálií a plynov. [53]

Vodík je možné skladovať na mieste dlhodobo, čím sa znižuje závislosť na dodávateľoch energie. Zariadenia na skladovanie a doplňovanie vodíka majú oveľa menšiu stopu a zaberú menej dôležitého úložného priestoru. [53]



Obrázok 32. Porovnanie skladovania

[53]

Pre ešte viac efektívnejšiu prácu s vodíkom sa tu ponúka možnosť masívnejšej inštalácie solárnych panelov na strechy týchto podnikov. Spojenie solárnych panelov a elektrolyzéroov by malo kladný dopad na rôzne prevádzky, pretože by si vyrábali svoj vodík na použitie prakticky zadarmo. Vodík by sa nemusel použiť iba na vysokozdvížné vozíky, ale aj pre rôzne účely, ako napríklad zásobovanie verejných plniacich staníc alebo zásobovanie miestneho záložného zdroja v prípade výpadku.

5 Perspektívy ďalšieho vývoja vodíkovej infraštruktúry v rámci štátov nielen strednej Európy

Vodík si v Európe ale aj v celom svete získal pozornosť. Má veľké využitie v rôznych odvetviach dopravy, priemyslu a energetiky. Pri jeho používaní nevznikajú emisie CO₂ a skoro žiadne znečistenia ovzdušia. Ide tak o riešenie, ktoré dekarbonizuje odvetvia priemyslu a hospodárstva, pri ktorých je znižovanie CO₂ veľmi naliehavé, ale ťažko ho dosiahnuť. Z týchto dôvodov je vodík nevyhnutný k podporeniu záväzku EU dosiahnuť do roku 2050 uhlíkovú neutralitu a k celosvetovému úsiliu o vykonaní Parížskej dohody a snahe dosiahnuť nulové znečistenie. [53]

Dnes tvorí vodík však len časť energetického mixu v Európskej únii a v celom svete a stále je vyrábaný predovšetkým z fosílnych palív a to zo zemného plynu a uhlia. Následkom toho je 70 – 100 miliónov ton emisií CO₂ v Európskej únii ročne. Aby vodík výrazne prispel k úplnej neutralite z hľadiska podnebia, musí sa dosiahnuť väčšia výroba vodíka a to úplne bez emisií. [53]

V minulosti mal vodík taktiež záujem, ale ku väčšiemu rozvoju nedošlo. Dnes vďaka poklesu cien za energie z obnoviteľných zdrojov, vývoju, a snahe znížiť emisie došlo ku novým možnostiam. Môžeme usúdiť že sa blížíme ku bodu zlomu. Objavujú sa nové oznámenia o investíciách v tejto oblasti, hlavne s účelom dosiahnuť výkon v radoch GW. V období od novembra 2019 do marca 2020 zvýšili trhový analytici predpovede plánovaných investícií na celom svete v oblasti výkonov elektrolyzérův do roku 2030 a to z 3,2 GW na 8,2 GW (57 % v Európe) a počet spoločností, ktoré sa pripojili k vodíkovej rade, vzrástol z 13 v 2017 na 81. [53]

Vodík bude v budúcej energetike hrať svoju rolu. Investícia do vodíka podporí tvorbu pracovných miest, čo značne pomôže pri spamätávaní sa z krízy ktorú spôsobil koronavírus. Európa má dobrú pozíciu, aby mala profit zo svetového vývoja v oblasti čistého vodíka ako nosič energie. Investície do vodíka z OZE by v EU mohli do roku 2050 dosiahnuť čiastku 180 – 470 miliárd €. Analytici odhadujú, že čistý vodík by do roku 2050 mohol pokryť 24 % svetového dopytu po energii a obrat za rok by mohol dosiahnuť čiastku až 630 miliárd €. [53]

Dnes však vodík z OZE a nízkouhlíkový vodík ešte nie sú nákladovo konkurencieschopné oproti vodíku vyrobenému z fosílnych palív. Ak chce EU využiť plný potenciál vodíka, tak potrebuje strategickú koncepciu. Priemysel v EU zostavil plán dosiahnuť do roku 2030 elektrolyzéry s výkonom 2x40 GW. Skoro všetky členské štáty pridali plány z oblasti čistého vodíka do svojich energetických a klimatických plánov, 26 štátov sa pripojilo do vodíkovej iniciatívy a 14 štátov pridalo vodík do kontextu svojich národných politických rámcov infraštruktúry pre alternatívne palivá. [53]

5.1 Plán na vytvorenie európskej vodíkovej siete

Skupina jedenástich európskych prevádzkovateľov plynárenskej infraštruktúry z deviatich štátov EU predstavila plán na vytvorenie infraštruktúry určenej na prepravu vodíka. Plán nesie názov European Hydrogen Backbone. [55]

Štúdia boli vypracované spoločnosťami Enagás, Energinet, Fluxys Belgium, Gasunie, GRTgaz, NET4GAS, OGE, ONTRAS, Snam, Swedegas a Teréga, za podpory agentúry Guidehouse. Predpoklad je, že sa prepravné sústavy budú postupne od polovice dvadsiatych rokov tohto storočia rozvíjať a do roku 2030 vznikne plynárenská sieť s dĺžkou 6800 km prepájajúca hlavne miesta výroby a spotreby vodíka (vodíkové údolia). Do roku 2040 sa predpokladá, že infraštruktúra pre prepravu vodíka bude mať dĺžku 23000 km, z ktorej 75 % vznikne úpravou z existujúcich plynovodov a 25 % vznikne cez nové plynovody. Výsledkom budú dve paralelné plynárenské siete, jedna na prepravu vodíka a druhá na prepravu biometánu. Táto sieť ponúkne možnosť energeticky úspornej prepravy veľkých objemov vodíka na dlhšiu vzdialenosť. [55]

Odhadované náklady na vytvorenie siete sú 27 až 64 miliárd €. Náklady na kilogram vodíka na vzdialenosť 1000 km sa pohybujú od 0,09 do 0,17 €, čo umožní nákladovo efektívnu prepravu vodíka na veľké vzdialenosti po celej Európe. Odhadovaná cena má široký rozdiel z dôvodu neistých nákladov na kompresnú prácu (v závislosti na ich umiestnení a výkone). [55]

Skupina prevádzkovateľov je presvedčená, že vodíková sieť bude jedného dňa pokrývať celú Európsku úniu, a vyzýva ďalších prevádzkovateľov plynárenskej infraštruktúry, aby sa do tohto vývoja zapojili. [55]

5.2 Vodíkové infraštruktúry v Českej republike

Česká republika nemá výhodnú pozíciu z hľadiska obnoviteľných zdrojov pre výrobu vodíka. Ako alternatíva sa ponúka výroba z jadra, zemného plynu a pyrolýzou z odpadu. Cieľom však nie je, aby sa všetko vyrábalo v Českej republike. Kľúčová je spolupráca s ďalšími štátmi v rámci Európy. Pri porovnaní technologického reťazca výroby a transportu nafty s výrobou vodíka je zrejme, že vodíkový reťazec je lepšie škálovateľný. [56]

5.2.1 Doprava

Predikcia na rok 2030 je 40 až 50 tisíc osobných automobilov a 870 autobusov uviedol Eduard Muřický, námestník ministra priemyslu a obchodu. Počet vodíkových plniacich staníc sa odhaduje na 80, dnes sú vo fáze výstavby 7 z nich. Počíta sa s tým, že mýto bude pre tieto autá nulové rovnako ako cestná daň. Zaujímavý potenciál má aj nákladná a železničná doprava ako sa to začína ukazovať v Nemecku. V Ústi nad Labem má dopravný podnik zakúpiť 15 vodíkových autobusov. Cieľom ministerstva dopravy je vytvorenie minimálnej siete vodíkových staníc, ktorá by zahrňovala aspoň 15

staníc do roku 2025. V ďalšom programovom období ma byť pripravená ďalšia finančná alokácia vo výške 500 až 600 miliónov korún. [54]

Hyundai je jedným z mála výrobcov, ktorý sa zaoberá výrobou aut s vodíkovými palivovými článkami. Do roku 2025 ma v pláne predat' 670 tisíc elektrických vozidiel, z čoho 110 tisíc je na vodík. Od roku 2018 vyrába model NEXO, ktoré je prvé zaregistrované vodíkové vozidlo v ČR. Na plnú nádrž prejde diaľku 650 km, má výkon 120 kW, jeho zrýchlenie z 0-100 km/h je za 9,2 sekundy a maximálna rýchlosť je 183 km/h. Oproti elektromobilom má väčší dojazd a čas dobíjania pretože tankovanie oproti elektromobilom je časovo omnoho menej náročné. [54]

5.2.2 Priemysel

ČR je štát s rozvinutým priemyslom, kde zásobovanie energie je pre výrobu kľúčové. S tým súvisia aj produkcie emisií CO₂ spojené s výrobou a prípadne transportom surovín a produktov. Stávajúce prevádzky výroby vodíka môžu uvažovať o nahradení produkcie vodíka zo zemného plynu zeleným alebo modrým vodíkom. Ostatné prevádzky využívajú k produkcii vodíka odpad pre ktorý nemajú alternatívne použitie.

Vzhľadom k limitovaným možnostiam lokálnej produkcie nízkoemisného vodíka je prechod naň pravdepodobný pri dodávkach zo zahraničia. [56]

odvetví	současné využití vodíku	budoucí poptávka vodíku	potenciální omezení rozvoje
rafinerie	reakční složka pro hydrorafinaci ropy zušlechťení těžších ropných frakcí odstranění nežádoucích složek (např. síra) úprava kvality biopaliv	Protože spektrum produktů vyráběných v rafineriích směřuje stále více k produktům s nižším obsahem síry, aromatů a rovněž lehkým produktům, bude spotřeba vodíku v rafineriích v krátkém horizontu stoupat.	Výroba vodíku je důkladně provázána s celým provozem rafinerie, což komplikuje nahrazení současných výrobních kapacit. Účinnost získávání vodíku z vlastní produkce bude stoupat, zatímco poptávka po motorových palivech spíše klesat. Zvýšení nákladů na výrobu vodíku má z ekonomického hlediska velký dopad na ekonomiku výroby rafinérských produktů.
chemický průmysl	klíčový pro výrobu amoniaku a metanolu využíván v řadě menších chemických procesů	Využití obou surovin v průmyslových procesech by mělo kontinálně růst, v případě hlavního využití amoniaku při výrobě hnojiv se čeká stagnace po roce 2030.	Propojení výroby amoniaku a močoviny v jedné průmyslové lokalitě umožňuje efektivně využít až 70 % emisí CO ₂ z výroby vodíku parní reformací zemního plynu.
výroba železa a oceli	využíván při výrobě oceli metodou přímé redukce železa (DRI) vodík také vzniká jako vedlejší produkt při výrobě oceli ve vysokých pecích (součást koksárenského plynu), lze zpětně využít k redukci železa	Výroba oceli by měla celosvětově narůstat, podobně i využití vodíku při výrobě. Vodík z OZE může ve větší míře nahradit vodík vyráběný metodou parní reformace zemního plynu.	Potřeba vysoce nákladného posílení infrastruktury pro výrobu a distribuci elektřiny a vodíku z OZE.
vysokoteplotní procesy	v současnosti prakticky nevyužívaná oblast	poptávka omezena na lokální projekty	ekonomicky i energeticky velmi neefektivní

Obrázok 33. Možnosti využitia vodíka v priemysle

5.2.3 Veda a výskum

V ČR sa nachádza vysoká úroveň školstva s technickým zameraním. To poskytuje potenciál pre realizácie rôznych výskumných projektov v oblasti vodíkových technológií. V súčasnosti vzdelávacie programy neposkytujú špeciálne zameranie do oblasti vodíka, ale s rastúcim záujmom o toto odvetvie možno očakávať zavedenie tejto problematiky do školstva.

Ako pre štátnu správu, tak aj pre priemysel je ťažké vedieť tento potenciál využiť. V ostatných štátoch EU je aj bude o odborníkov v oblasti vodíkových technológií veľký záujem a vysoká úroveň absolventov tuzemských škôl s technickým zameraním im umožní získať uplatnenie aj mimo Českej republiky. Podľa Hydrogen Roadmap Europe bude v roku 2030 v EU pracovať v oblasti vodíka 1 milión zamestnancov a do roka 2050 s očakáva nárast na 5,4 milióna zamestnancov. Pre výskumné inštitúcie je nevyhnutné zaobstarať dostatočné zdroje financií na oblasť vodíkových technológií ku vzniku znalosti a zavedeniu inovatívnych produktov do českých podnikov. [56]

5.3 Vodíkové infraštruktúry na Slovensku

Vodík má z dlhodobého hľadiska pre Slovensko obrovský potenciál. V súčasnej dobe sa spotrebúva na Slovensku v obrovských objemoch pri výrobe nafty, čpavku, minerálnych hnojov alebo oceli. Čistý vodík by sa na Slovensku mohol vyrábať aj z jadrovej energie v elektrárni v Mochovciach a Jaslovských Bohuniciach, kde by sa nainštalovali elektrolyzéry. [57]

Podľa ministra hospodárstva Richarda Sulíka vodík zahrá kľúčovú úlohu v slovenskej ekonomike. Prvým okruhom bude podpora vedy a výskumu. Základným pilierom bude vybudovanie centra výskumu vodíkových technológií v Technickej univerzite v Košiciach. Kľúčovou oblasťou má byť cielená podpora cez eurofondy. [57]

Skupina európskych spoločností, ktorá plánuje vybudovať vodíkovú infraštruktúru v deviatich krajinách EU, so Slovenskom zatiaľ nepočíta. Vyjadrenia ministra hospodárstva Richarda Sulíka hovoria, že Slovensko má byť aktívnou krajinou pri využívaní vodíka. [57]

Slovensko aj Európa zaspali s batériami do elektromobilov, a preto sa to nesmie opakovať pri vodíku. Vývoj v tejto oblasti je stále len na začiatku. Podľa ministra hospodárstva budú potrebné finančné dotácie pri vodíkových autách. [57]

Výroba a využitie čistého vodíka na Slovensku je zatiaľ v plienkach. V súčasnosti tu neexistuje žiadna výroba tohto paliva, čerpacie stanice pre dopravu ani flotila vozidiel. [57]

Štartovacia pozícia Slovenska nie je vôbec zlá, pretože je druhým najlepšie plynofikovaným štátom v Európskej únii a s využívaním zemného plynu má veľké skúsenosti v oblasti priemyslu aj domácnosti. Má rozvetvenú sieť plynových potrubí, ktoré môžu v budúcnosti slúžiť na prepravu vodíka. Taktiež tu hrá rolu aj veľká prítomnosť automobiliek, ktoré sa môžu stať výrobcami palivových článkov pre automobily. [57]

Vodík je nevyhnutný k tomu, aby Slovensko dokončilo úplnú dekarbonizáciu ekonomiky. [57]

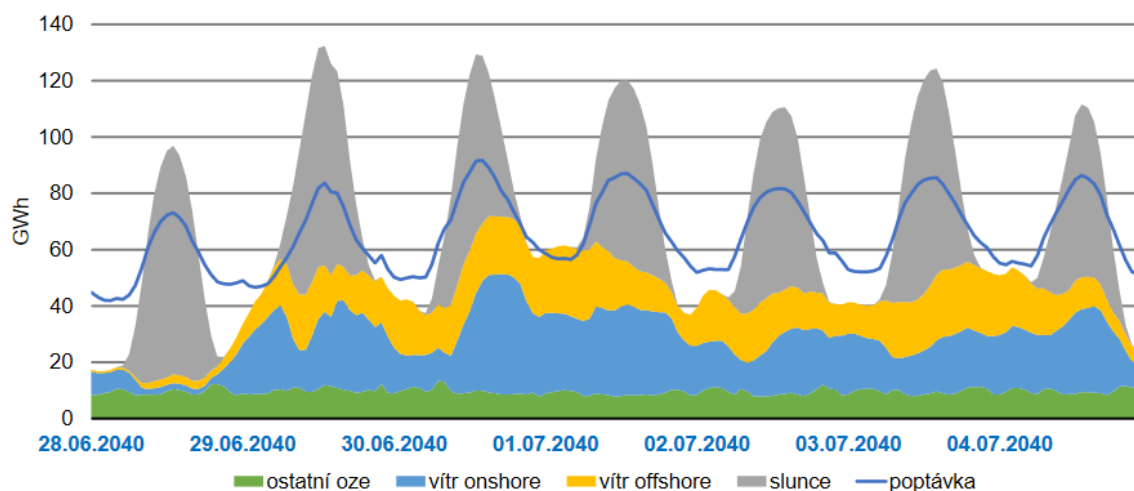
5.4 Vodíkové infraštruktúry v Nemecku

Ide o hlavný štát, ktorý susedí s Českou republikou, z ktorého je možné dovážať vodík v zmesi so zemným plynom. Nemecko je zároveň európskym lídrom v rozvoji obnoviteľných zdrojov energie a hlási sa k ambicióznym dekarbonizačným cieľom. Tieto snahy označujú termínom Energiewende. Tento termín vyjadruje prechod z fosílnych a jadrových palív na obnoviteľné zdroje energie. [56]

V Nemecku už dnes dochádza k výstavbe pilotných projektov P2G. Prevádzkovateľ prenosovej sústavy Amprion spoločne s najväčším nemeckým prevádzkovateľom plynárenskej sústavy OGE predstavili investičný plán pre elektrolyzér s výkonom 100 MW a infraštruktúru na severozápade štátu. Tieto projekty majú byť uvedené do prevádzky koncom roka 2023 a investícia má mať čiastku 150 miliónov €. [56]

Do roku 2022 dôjde k odstaveniu všetkých jadrových zdrojov a najneskôr do roku 2038 budú odstavené všetky uhoľné zdroje. Budú nahradené obnoviteľnými zdrojmi (hlavne veternou a slnečnou energiou) v kombinácii so zemným plynom. [56]

Pri rozvoji obnoviteľných zdrojov je kľúčový medziročný nárast, ktorý bol stanovený fixne pre všetky roky. Budú dominovať veterné elektrárne, ktoré v roku 2040 vyrobia približne 330 TWh a u fotovoltaičných môžeme očakávať výrobu približne 130 TWh. [56]



Obrázok 34. Výroba elektriny z obnoviteľných zdrojov v roku 2040

Ako môžeme vidieť v grafe, prebytky sú hlavne podmienené výrobou z fotovoltaiky. Hoci veterné zdroje majú veľkú tendenciu pôsobiť v základnom zaťažení, ich výroba však nie je väčšinou dostačujúca. Celkový prebytok elektriny vhodný na výrobu zeleného vodíka vo zvolených siedmich dňoch je 1,7 TWh (ide o nadpriemerný týždeň). Pre zaistenie prevádzky elektrizačnej sústavy bude nutné tieto zdroje doplniť zemným plynom alebo inou alternatívou. [56]

6 Záver

Vodík v sebe skrýva veľký potenciál ktorý v budúcnosti bude hrať veľkú rolu v rôznych oblastiach. Spojenie vodíkových technológií s obnoviteľnými zdrojmi energie prinesie celému svetu značný prínos nielen z ekologickej stránky ale aj zvýšenie účinnosti a zníženie celkových nákladov.

V súčasnosti stále rastie tlak (či už politický alebo ekologický) na výrobu zeleného vodíka z obnoviteľných zdrojov. Najviac používaný spôsob získania tohto vodíka je elektrolyzácia vody, pričom elektrina musí pochádzať z obnoviteľných zdrojov. Dnes však ešte stále nie sú tak vyspelé technológie aby uspokojili celkový dopyt.

Táto práca mala za úlohu priblížiť súčasný stav týchto technológií a ich využitie v odvetviach energetiky a priemyslu. Jeden z faktorov prečo stavať na vodík je, že fosílna palivá nie sú nekonečné, takže sa ich množstvo stále zmenšuje. Vodík je výborná alternatíva, vďaka ktorej ľudstvo stratí závislosť od fosílnych palív a ropy.

Prvá časť práce obsahuje úvod do problematiky a popisuje predikciu výroby nízkouhlíkového vodíka, ako rastie jeho dopyt, bližšie popisuje výrobu vodíka, a na základe toho určuje jeho „farbu“. V druhej časti práce je rozobratá analýza súčasného stavu v rôznych oblastiach využitia vodíka. Mojou úlohou bolo sa hlavne zamerať na oblasť BTS, záložné napájanie v datacentrách, mikrokogenerácia a alternatívne palivá. V každej časti som popísal jednotlivé aplikácie a uviedol som prečo sa touto problematikou budeme zaoberať a akú tu môže mať vodík rolu. Ďalšia časť práce je zameraná na posúdenie vodíkových aplikácií a to konkrétne v Ostravskom regióne. Ostrava ma s vodíkom skvelý vzťah a v budúcnosti ho aj patrične využije, či už v doprave, alebo v novo vybudovanom vodíkovom meste. Posledná časť mojej práce sa zaoberá budúcnosťou tohto prvku u nás, ale aj v iných štátoch Európskej Únie. EU má bezpochybné s vodíkom veľké plány v rôznych odvetviach energetiky, priemyslu, a hlavne v doprave.

Pri vypracovávaní tejto práce som nazbieral veľa vedomostí ohľadom vodíka, zistil som aký má potenciál v budúcnosti a dospel som k názoru, že sa máme na čo tešiť.

Použité zdroje

- [1] *Úvod vodík* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/hydrogen/basics/introduction.htm>
- [2] *The future of hydrogen* [online]. [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
- [3] *Hydrogen* [online]. [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/hydrogen>
- [4] *Druhy vodíka podľa farieb* [online]. [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://energy-cities.eu/50-shades-of-grey-and-blue-and-green-hydrogen/>
- [5] *Rozdiel medzi zeleným a modrým vodíkom* [online]. [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.petrofac.com/en-gb/media/our-stories/the-difference-between-green-hydrogen-and-blue-hydrogen/>
- [6] *Typické špecifikácie elektrolyzérův* [online]. [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/The-typical-specifications-of-alkaline-PEM-and-SOE-103_tbl1_330701158
- [7] *Prevádzkové princípy elektrolyzérův* [online]. [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Operation-principles-of-alkaline-PEM-proton-exchange-membrane-and-solid-oxide-water_fig1_308578569
- [8] *Vodíkové technológie* [online]. [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.domel.com/industries/hydrogen-technologies>
- [9] *Vodík UPS* [online]. [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <http://www.ctsenergy.net/prodotti/backup-power/hydrogen-uninterruptible-power-supply/>
- [10] Base transceiver station. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Base_transceiver_station
- [11] *BTS – Základňové stanice naše každodenné* [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://techbox.dennikn.sk/temy/bts-zakladnove-stance-nase-kazdodenne/>
- [12] *Energy supply for remote base transceiver stations of telecommunication* [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1373212>
- [13] *BTS napájanie* [online]. [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://intelli-tower.com/power-monitoring/providing-reliable-power-for-bts-tower-sites/>
- [14] *Zoznam BTS* [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <http://gsmweb.cz/>

- [15] *BTS fuel cell* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2012/04/Fuel_Cell_Report_for_fomattin1.pdf
- [16] *Telecom remote base station* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.enapter.com/use-cases/telecom-remote-base-station>
- [17] Data center. *Wikipedia* [online]. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Data_center#Power_and_cooling_analysis
- [18] Chyby při výstavbě a provozu datových center. <https://www.systemonline.cz/> [online]. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <https://m.systemonline.cz/sprava-it/oblibene-chyby-pri-vystavbe-a-provozu-datovych-center.htm>
- [19] Supplying Backup Power to Data Centers. <https://www.generatorsource.com/> [online]. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: https://www.generatorsource.com/Supplying_Backup_Power_to_Data_Centers.aspx
- [20] Microsoft testuje vodík jako zdroj energie pro svá datacentra. <https://oenergetice.cz/> [online]. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/microsoft-testuje-vodik-jako-zdroj-energie-sva-datacentra#comments>
- [21] Microsoft tests hydrogen fuel cells for backup power at datacenters. <https://www.microsoft.com> [online]. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <https://news.microsoft.com/innovation-stories/hydrogen-datacenters/>
- [22] *Mikro CHP* [online]. [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://energysavingtrust.org.uk/advice/micro-combined-heat-and-power/>
- [23] Motor s vnútorným spaľovaním CHP [online]. [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/micro-combined-heat-and-power-micro-chp-information/internal-combustion-engine-chp-generators/>
- [24] *Mikro CHP- Stirlingov motor* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/vykurovanie/mikrokogeneracia-so-stirlingovym-motorom-typu-alfa>
- [25] *Využití vodíkových technologií v energetice* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://allforpower.cz/technologie-a-materialy/vyuziti-vodikovych-technologii-v-energetice-228>
- [26] *Viessmann Vitovalor 300-P kogeneračná jednotka* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://www.energie-portal.sk/Dokument/mikrokogeneracna-jednotka-pre-rodinny-dom-vyuziva-vodik-vypomaha-jej-plynovy-kotol-105749.aspx>
- [27] *Renewable-energy-sources* [online]. [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.edfenergy.com/for-home/energywise/renewable-energy-sources>
- [28] Doucek, A., Tenkrát, D., Dlouhý, P.: Vodíkové hospodárství a možnosti využití vodíku k regulaci obnovitelných zdrojů energie, časopis Paliva, 2010

- [29] *MYRTE* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.universita.corsica/en/research/myrte/>
- [30] *MYRTE* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1464285914701701>
- [31] *MYRTE* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: http://www.afhypac.org/documents/publications/colloques/JourneeH2territoires2015/jh2_cherbourg_corse_myrte_17_juin.pdf
- [32] *Alternative fuel* [online]. [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Alternative_fuel
- [33] *Power to Gas* [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.powermag.com/why-power-to-gas-may-flourish-in-a-renewables-heavy-world/>
- [34] *Synthetic natural gas* [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Synthetic_natural_gas
- [35] *Synthetic methane* [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.terega.fr/en/our-activities/strategy-and-innovation/green-gases/synthetic-methane-terega-working-today-for-the-future-of-gas>
- [36] *Projekt Helmeth* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <http://www.helmeth.eu/index.php/technologies/integrated-p2g-process>
- [37] *Vodíkové busy* [online]. [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: https://moravskoslezsky.denik.cz/zpravy_region/vodikove-busy-dalsi-primat-dopravni-podnik-ostrava-je-bez-dieselu-20210409.html
- [38] *Dopravný podnik Ostrava* [online]. [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/regiony/3295559-dopravni-podnik-v-ostrave-vyradil-z-provozu-posledni-dva-dieselove-autobusy>
- [39] *Benzinka na vodík* [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/cesko-ma-prvni-benzinku-na-vodik-ve-stredni-evrope-je-v-neratovicich.A091105_154310_automoto_fdv
- [40] *Vodíkové mesto* [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ostava/zpravy/vodikove-mesto-ostava-halda-jan-svetlik.A200907_569634_ostava-zpravy_woj

- [41] *H2 district* [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.hrabova.info/2020/12/01/eva-kijonkova-na-byvale-halde-vyroste-vodikovy-h2-district/>
- [42] ARIS, Asma a Bahman SHABANI. Sustainable Power Supply Solutions for Off-Grid Base Stations. *Energies* [online]. 2015, **8**(10), 10904-10941 [cit. 2021-04-20]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en81010904
- [43] DOKKAR, Boubekur, Belkhir NEGROU, Nouredine SETTOU, Omar IMINE, Nasreddine CHENNOUF a Abdsslem BENMHIDI. Optimization of PEM Fuel Cells for PV-Hydrogen Power System. *Energy Procedia* [online]. 2013, **36**, 798-807 [cit. 2021-04-20]. ISSN 18766102. Dostupné z: doi:10.1016/j.egypro.2013.07.092
- [44] *Superpočítač VŠB-TUO* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.pronix.cz/reference/datove-centrum-pro-superpocitac-na-klic/>
- [45] *DUPS* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/pronix-dynamicka-ups-krizenec-dieselagregatu-a-ups>
- [46] *Dynamické UPS* [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.pronix.cz/technologie/dynamicke-ups/>
- [47] *Data centre hydrogen* [online]. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.borntoengineer.com/hydrogen-fuel-cells-allowing-data-centers-rethink-of-how-they-use-electrical-systems>
- [48] *Gas generator* [online]. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.innio.com/en/industries/data-center>
- [49] *Innio hydrogen as future* [online]. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.innio.com/images/medias/files/3015/innio-hydrogen-as-future-fuel-for-gas-engines.pdf>
- [50] *Moravskoslezský kraj ceka evoluce* [online]. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/moravskoslezsky-kraj-ceka-evoluce-teplarenstvi-1379716>
- [51] *Vitkovice teplareň* [online]. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.prumyslovaekologie.cz/info/cerne-uhli-ve-vitkovickych-kotlich-definitivne-nahradil-plyn-pomuze-to-ovzdusi-v-centru-ostavy>
- [52] *Hydrogen for heating* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://eciu.net/analysis/briefings/low-carbon-heat/hydrogen-for-heating>
- [53] *Advantages of hydrogen forklifts* [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://www.adaptalift.com.au/blog/2020-03-13-advantages-of-hydrogen-forklifts>

[54] *Vodíková stratégia pre klimaticky neutrálnu Európu* [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9390-2020-INIT/sk/pdf>

[55] *Doba je tehotná s vodíkom* [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://www.schmetterlingenergy.com/2020/11/doba-je-tehotna-vodikem-vodikove-technologie-se-prosadi-nejdrive-v-doprave/>

[56] *Nová vodíková sieť* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.net4gas.cz/cz/media/tiskove-zpravy/zpravy/provozovatele-plynarenske-infrastruktury-predstavuji-plan-vytvoreni-evropske-vodikove-site.html>

[57] *Vodík ČR* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.hytep.cz/images/dokumenty-ke-stazeni/TF-a-IAP-vodik-v-energetice-a-prumyslu-CR.pdf>